

MASTER'S THESIS

De Effectiviteit van Practica in de Lerarenopleiding Biologie Een onderzoek naar kenmerken die bepalend zijn voor de effectiviteit van practica binnen de practicumleerlijn van de lerarenopleiding Biologie aan Hogeschool Utrecht

Van Luijn, Jeanine

Award date:
2019

[Link to publication](#)

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain.
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

pure-support@ou.nl

providing details and we will investigate your claim.

Downloaded from <https://research.ou.nl/> on date: 04. May. 2023

Open Universiteit
www.ou.nl



De Effectiviteit van Practica in de Lerarenopleiding Biologie

Een onderzoek naar kenmerken die bepalend zijn voor de effectiviteit van practica binnen de practicumleerlijn van de lerarenopleiding Biologie aan Hogeschool Utrecht

The Effectiveness of Practical Works of the Biology Teacher Training Education

A research project about factors of influence on the effectiveness of practical works in the practical curriculum of the Biology teacher training education at the Hogeschool Utrecht

Jeanine van Luijn

Master Onderwijswetenschappen
Open Universiteit

Datum: 18 maart 2019

Begeleiding: Dr. Elwin Savelsbergh (HU) & Dr. Inge van der Wurff (OU)

DEZE THESIS BETREFT EIGEN WERK EN IS VRIJ VAN PLAGIAAT

INHOUDSOPGAVE

SAMENVATTING	4
SUMMARY	5
1. INLEIDING	6
1.1 PROBLEEMSCHEETS EN DOEL VAN HET ONDERZOEK	6
1.3 VRAAGSTELLINGEN EN HYPOTHESEN	13
2. METHODE	14
2.1 ONTWERP	14
2.2 PARTICIPANTEN	14
2.3 MATERIALEN EN DATAVERZAMELINGSinstrumenten	15
2.4 PROCEDURE EN DATAVERZAMELING	17
2.5 DATA-ANALYSE	17
3. RESULTATEN	20
3.1 DOCUMENTANALYSE	20
3.2 OBSERVATIES	23
3.3 VRAGENLIJST	27
3.4 TESTJES	29
4. CONCLUSIE EN DISCUSSIE	30
5. BEPERKINGEN VAN HET ONDERZOEK, AANBEVELINGEN EN VERVOLGONDERZOEK	36
REFERENTIES	39
BIJLAGEN	42
BIJLAGE 1 OBSERVATIEFORMULIER	42
BIJLAGE 2 BEOORDELINGSFORMULIER EINDPRODUCTEN	46
BIJLAGE 3 VRAGENLIJST (SLEI)	47
BIJLAGE 4 TESTJES VOORBEREIDING EN VOORKENNIS	50
BIJLAGE 5A BRIEF EN TOESTEMMINGSVKRLARING STUDENT	51
BIJLAGE 5B BRIEF EN TOESTEMMINGSVKRLARING DOCENT	53
BIJLAGE 6 DOCUMENTANALYSE LEERDOELN EN OVERIGE BELANGRIJKE INFORMATIE	55
BIJLAGE 7 OVERZICHT SCORES EINDPRODUCTEN OP VOORKOMEN VAN CRITERIA	57
BIJLAGE 8 SAMENVATTING TRANSCRIPTIE OBSERVATIE MATERIAAL (AUDIO EN VIDEO)	58

Samenvatting

Practica hebben een belangrijke rol in het biologieonderwijs, uit veel onderzoeken blijkt dat de beoogde leeropbrengsten niet bereikt worden. Binnen de lerarenopleiding Biologie laat de effectiviteit van de practica te wensen over. Het doel van dit onderzoek was inzicht krijgen in de huidige leeropbrengsten en kenmerken die bepalend zijn voor de effectiviteit van practica. Om dit inzicht te krijgen werd exploratief onderzoek uitgevoerd, waarbij de vraag in welke mate de practicumleerlijn van de lerarenopleiding biologie een effectieve practicumleeromgeving vormt werd beantwoord. Hierbij is gebruik gemaakt van een mixed method om een zo compleet mogelijk beeld te kunnen geven. De kwalitatieve data is verzameld aan de hand van een documentanalyse, het uitvoeren van enkele observaties en het beoordelen van eindproducten. De kwantitatieve data is verzameld door het afnemen van een vragenlijst waarbij de perceptie van studenten en docenten in kaart zijn gebracht en zijn twee korte testen afgenomen om de mate van voorbereiding en aanwezigheid van voorkennis te toetsen. De onderzoekspopulatie bestond uit alle eerste- en tweedejaars voltijd biologiestudenten, ingeschreven in het studiejaar 2018-2019 ($N=36$) en alle betrokken docenten ($N=9$).

Uit dit onderzoek is gebleken dat de practicumtaken beknopt en volgens kookboekreceptuur zijn geschreven, een theoretisch kader ontbreekt of minimaal aanwezig is en dat de leerdoelen niet helder zijn geformuleerd of ontbreken. Er wordt weinig tot geen onderscheid gemaakt tussen de verschillende cognitieve- en vaardigheidsniveaus van de studenten en geplande scaffolding ontbreekt. Studenten stellen vooral in het eerste leerjaar basale vragen en weinig verdiepende vragen en beheersten de laboratoriumvaardigheden nog onvoldoende. In het tweede leerjaar stellen studenten minder basale vragen en meer verdiepende vragen en worden de laboratoriumvaardigheden beter beheerst. Voorkennis is bij studenten niet altijd aanwezig en de voorbereiding op de practicumtaak is in de meeste gevallen onvoldoende. Het voorbereiden van de practicumtaak en het activeren van voorkennis wordt ook niet gestimuleerd. Docenten en studenten verschillen van perceptie als het gaat om de student cohesie, de openheid van practica en de mate van voorbereiding.

De resultaten laten zien de practicumleerlijn van de lerarenopleiding Biologie elementen van een effectieve practicumleeromgeving bevat, maar nog niet volledig in overeenstemming is met wat er over effectieve practicumleeromgevingen bekend is. Hieruit komt een verbeter behoefte naar voren, het is daarom aan te bevelen een vervolgonderzoek uit te voeren naar de effectiviteit van de volledige practicumleerlijn. Een mogelijke methode om dit onderzoek uit te voeren is Educational Design Research gericht op het verbeteren van de practicumleerlijn en de effectiviteit van de practica te verhogen. Deze methode van onderzoek maakt het namelijk mogelijk gedurende het onderzoek interventies te ontwikkelen, de practicumleerlijn aan te passen en tegelijkertijd de effectiviteit van de gedane interventies te onderzoeken.

Sleutelwoorden Hoger beroepsonderwijs, effectiviteit, practicumleeromgeving, begripsontwikkeling, leeropbrengsten.

Summary

Practical works play an important role in the education of biology, a lot of research shows that the learning outcomes are not always achieved. Problem analysis and conversations with colleagues provided insight in the effectiveness of practical works in the teacher education programme for biology, they are experienced as lacking. The main goal of this research project was to gain insight in the current status of learning outcomes and characteristics that determine the effectiveness of practical works. To gain this insight explorative research was conducted in which the question was answered to which extend the practical learning environment in the teacher education programme for biology can be determined as an effective learning environment. The research question was answered using a mixed method in order to create an overview. The qualitative data was obtained by document analysis, observations and reviewing students' end products. The quantitative data was obtained through a survey to gain insight in the perception of students and teachers and two small tests in order to test to which extend students prepare the practical task and posses prior knowledge. The research population existed of all first- and second year full-time students, who were signed up for the collegiate year 2018-2019 ($N=36$), and all teachers involved ($N=9$).

The results of this research show that the practical tasks are briefly described and use a cookbook style approach. Most of the tasks lack a theoretical framework or is offered minimally. The learning objectives are not clearly formulated or not formulated at all. Planned scaffolding is not used and there is no distinction between the different levels of cognitive ability and skills. Especially first year students ask basic questions and are lacking in asking in-depth questions and they inadequately control the laboratory skills. Second year students ask less basic questions and more in-depth questions and have better control of their laboratory skills. Students mostly lack prior knowledge and their preparation is unsatisfactory. Preparation on the practical task and activating prior knowledge is not stimulated. Teachers and students differ in their perception on student cohesion, openness of the practical works and the extent to which students prepare.

The results show that the practical learning environment of the teacher education programme for biology has elements of an effective practical learning environment, but are not yet completely in accordance with that which is known about effective practical learning environments. There is a need for improvement, so it is recommended to do follow-up research on the whole practical learning environment of the teacher education programme for biology. A possible method for that would be an Educational Design Research project in order to improve the practical learning environment and its effectiveness. The use of this method makes it possible to develop and implement interventions and research its effectiveness at the same time.

Keywords Higher vocational education, effectiveness, practical learning environment, conceptualization, learning outcomes.

1. Inleiding

1.1 Probleemschets en doel van het onderzoek

Binnen de lerarenopleiding biologie worden practica gegeven om bij te dragen aan vier soorten leerdoelen die in de literatuur worden omschreven als doelen om practica in te zetten (Van de Berg & Buning, 1994; Montessori, 1998):

- Conceptueel begrip (ondersteuning van de theorie en het aanleren van begrippen);
- Vaardigheden (aanleren van praktische vaardigheden);
- Onderzoek (aanleren van onderzoeksvaardigheden);
- Didactisch (koppelen van practica aan toepassingsmogelijkheden in de eigen onderwijspraktijk).

Uit gesprekken met collega's, observaties en het doornemen van de leerdoelen van de practica kwam naar voren dat de effectiviteit van de practica te wensen overlaat. Studenten lijken niet datgene te leren wat de docent als doel heeft of zoals de leerdoelen voorschrijven. Dit uit zich vooral in het achterblijven van kennis en vaardigheden en het stellen van veelal basale en oppervlakkige vragen tijdens de practica. De link naar het leraarschap, waar studenten voor worden opgeleid, wordt veelal niet gelegd en ook leggen studenten geen link tussen de practica en de aangereikte theorie uit de theorielessen. Uit diverse studentevaluaties en de verschillen in vooropleiding van studenten valt op te maken dat de opleiding onvoldoende lijkt in te spelen op de verschillende instapniveaus en leerbehoeftes van de studenten. Mogelijke verklaringen voor de geconstateerde problemen zijn: dat studenten beschikken over onvoldoende voorkennis, zich onvoldoende voorbereiden, de basisvaardigheden niet op orde hebben, dat er een mismatch is tussen de perceptie van studenten en docenten van de practicumleeromgeving of dat de practica niet passen bij de leerdoelen. Verder wordt in de huidige practicumleerlijn niet gedifferentieerd of aandacht besteed aan het aanleren van de juiste studiehouding ten opzichte van het practicumonderwijs van studenten.

Door deelname aan de pilot flexibilisering Hoger onderwijs (Ministerie van OCW, 2016 & 2014) is een curriculumwijziging aanstaande. Een belangrijk doel van de pilot is maatwerk leveren en op adequate wijze in te spelen op de behoefte van de student. In dat kader is het extra belangrijk om de effectiviteit van de practicumleeromgeving te verhogen en inzicht te krijgen in de huidige leeropbrengsten en de kenmerken die bepalend zijn voor de effectiviteit van de practicumleeromgeving.

Het doel van dit onderzoek was inzicht krijgen in de kenmerken die bepalend zijn voor de effectiviteit van de practicumleeromgeving. Wanneer dit inzicht is verkregen, kan op basis van de hieruit gevormde theorie een aanbeveling gedaan worden hoe de practicumleerlijn het beste kan worden vormgegeven om deze problematiek op te lossen.

1.2 Theoretisch kader

Definitie van practica

Practica kunnen gedefinieerd worden als leeractiviteiten, gekenmerkt door het bestuderen en manipuleren van objecten of materialen (Van de Sande, 2016; Abrahams & Millar, 2008). Deze activiteiten kunnen worden uitgevoerd in een laboratorium, klaslokaal of in het veld. De opdrachten variëren van pen-en-papieropdrachten, computersimulaties, kookboekpractica of de zogenoemde traditionele practica (waaronder snijpractica en microscopie), experimenten met een gesloten karakter (docentgestuurd), experimenten met een open karakter (studentgestuurd), tot veldwerk. In dit onderzoek en in het vervolg van dit theoretisch kader ligt de nadruk op traditionele practica die bijdragen aan het aanleren van de zogenoemde laboratoriumvaardigheden en het verrijken van de natuurwetenschappelijke kennis, omdat dit de meest voorkomende doelen zijn binnen de practicumleerlijn van de lerarenopleiding Biologie.

Het belang van practica

Practica worden door veel docenten gezien als een essentieel onderdeel van het natuurwetenschappelijk onderwijs. Practica helpen studenten bij het ontwikkelen van wetenschappelijk kennis, het doorgronden van de exacte wetenschappen, het aanleren van practicumvaardigheden en bevorderen van de motivatie van studenten (Ferreira & Morias, 2018; Abrahams & Millar, 2008).

Binnen de lerarenopleiding Biologie vormen practica een essentieel onderdeel van het curriculum. De biologie bestaat veelal uit abstracte begrippen en binnen de biologie is het noodzakelijk bepaalde vaardigheden te ontwikkelen. Practica kunnen worden ingezet om bij te dragen aan de vier soorten leerdoelen zoals deze in de probleemschets staan beschreven (Van den Berg & Buning, 1994; Montessori, 1998). Door deze doelen in de practica toe te passen, kunnen zij ondersteuning bieden bij het visualiseren en het beter begrijpen van abstracte begrippen (Van de Sande, 2016; Alderwegen- de Vries, Van Kapteijn & Thijssen, 1988; Van den Berg & Bunning, 1994). Practica worden daarnaast ingezet om studenten vaardigheden aan te leren in het gebruik van bepaalde apparatuur of laboratoriummaterialen (vaardigheden), voor het aanleren van onderzoeksvaardigheden (zoals leren observeren en het verzamelen van gegevens) en het ontwikkelen van een onderzoekende houding (onderzoek). Practica worden ook veelvuldig ingezet om meer of nieuwe inzichten te geven in natuurwetenschappelijke verklaringen, wetten, theorieën en begrippen.

Het gaat dan om het uitbreiden van de natuurwetenschappelijke kennis van studenten (conceptueel begrip). Als docent biologie is het belangrijk deze vaardigheden ook over te brengen op de leerlingen en practica in te zetten als middel om voor leerlingen bepaalde begrippen te visualiseren en begrijpelijk te maken (didactisch). Nog een reden, die niet als doel is genoemd is, is het inzetten van practica om de interesse van studenten te vergroten en vast te houden (verwondering).

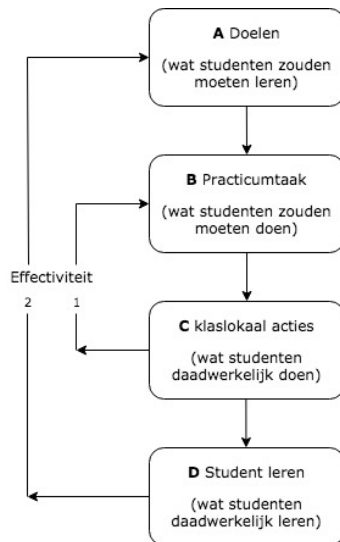
Kenmerken van een effectieve practicumleeromgeving

Hoewel veel docenten en onderzoekers practica zien als essentieel onderdeel van het natuurwetenschappelijk onderwijs, worden in verschillende onderzoeken ook kanttekeningen geplaatst bij de effectiviteit van practica (Abrahams & Millar, 2008; Hodson, 1991 & 1993; Osborne, 1993 en Wellington, 1998). Onderzoek naar conceptuele leeropbrengsten van practica leveren geen eenduidige conclusies. In sommige studies werd gevonden dat practica het begrip bevordert, terwijl dit in andere studies niet gerepliceerd kon worden (Abrahams & Reiss, 2012).

Effectiviteit kan gedefinieerd worden als de mate waarin studenten aan de hand van het practicum leren wat vooraf bedoeld was. Voorwaarde is dat de leerdoelen en beoogde leeropbrengsten bekend zijn en dat deze helder geformuleerd zijn (Abrahams & Reiss, 2012 en Millar, 2004).

Clackson en Wright (1992) zeggen, over de effectiviteit van practica bedoeld om conceptuele kennis in de natuurwetenschappen te ontwikkelen: “Ook al wordt de inzet van practica als van onschatbare waarde gezien in het onderwijzen van de natuurwetenschappen, onderzoek laat zien dat de inzet van practica niet noodzakelijk zo waardevol is voor het leren van de natuurwetenschappen.” Studenten maken niet zonder meer de koppeling tussen de theorie en de praktijk, één van de indicatoren aangegeven in de probleemstelling.

Abrahams en Reiss (2012) onderzochten de effectiviteit van practica in het primair en voortgezet onderwijs op basis van observaties volgens een gestructureerd model ontwikkeld door Millar, Maréchal en Tiberghien (1999). Het model maakt het mogelijk een specifieke practicumtaak te evalueren. Het beschrijft de effectiviteit van het practicum uitgedrukt in de doelen en intenties die de docent met het practicum voor ogen heeft. Het startpunt is een evaluatie van de te leren doelen in termen van wat de docent wil dat studenten leren en moeten doen. Dit model, weergegeven in figuur 1, maakt het mogelijk de vraag of een practicum effectief is te beantwoorden op twee verschillende niveaus. Niveau 1 beantwoordt de vraag of het practicum effectief is in termen van overeenkomsten tussen wat de docent voor ogen heeft wat studenten moeten doen en wat studenten daadwerkelijk doen. Niveau 2 beantwoordt de vraag of het practicum effectief is in termen van overeenkomsten tussen wat de docent voor ogen heeft wat studenten moeten leren en wat ze er daadwerkelijk van leren.



Figuur 1 Model van het proces voor het evalueren van een practicumtaak

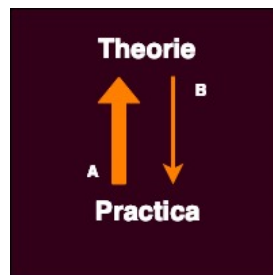
Het blijkt niet voldoende als studenten enkel doen wat vooraf bedoeld was (effect 1). Dit onderscheid is van belang omdat onderzoek laat zien dat docenten er over het algemeen prima in slagen de activiteiten van studenten te sturen, de kunst zit erin studenten aan de hand van de practicumactiviteiten ook nieuwe inzichten en kennis te laten ontwikkelen (Van de Sande, 2016; Abrahams & Reiss, 2012; Abrahams & Millar, 2008).

Er is weinig recent onderzoek uitgevoerd naar de effectiviteit van traditionele practica (niet zijnde onderzoekspractica), omdat oudere onderzoeken laten zien dat deze practica weinig bijdragen aan de natuurwetenschappelijke kennis van de student (Van de Sande, 2016; Hofstein & Lunetta, 1982 & 2004). Deze onderzoeken stellen dat deze practica onvoldoende kwaliteit hebben om kennis effectief te verdiepen. Inzichten in de achterliggende oorzaken worden in deze onderzoeken niet beschreven (Van de Sande, 2016). Ander onderzoek laat zien dat practica op basis van onderzoekend leren (onderzoekspractica) wel effectief zijn als het gaat om het aanleren van natuurwetenschappelijke kennis (Van de Sande 2016; Toplis, 2011; Kipnis & Hofstein, 2007; Hofstein & Lunetta, 2004). Dergelijke practica zitten weinig tot niet in het natuurwetenschappelijk curriculum van het voortgezet onderwijs en de lerarenopleidingen (Millar et al, 1999; Millar, 2004). Millar (2004) beschrijft als doel voor de inzet practica het ontwikkelen van een link tussen een waarneming en het nadenken over deze waarneming- tussen de wereld en de mentale representatie van de wereld, hij maakt hierbij geen onderscheid tussen traditionele practica en onderzoekspractica. In het onderwijzen en leren van natuurwetenschappelijke kennis dient het practicum dan als hulpmiddel om studenten het domein van objecten en waarnemingen aan de ene kant en het domein van ideeën aan de andere kant aan elkaar te laten linken. Hoe dit in de praktijk wordt vormgegeven, dat is afhankelijk van de beoogde leerdoelen of leeropbrengsten van de practicumtaak.

Practica, bedoeld om de natuurwetenschappelijke kennis of vaardigheden van studenten te bevorderen, zijn volgens Millar (2004) het meest effectief als ze de volgende kenmerken bevatten:

- Helder geformuleerde leerdoelen;
- Relatief weinig leerdoelen per practicumtaak;
- Het practicumontwerp beschrijft alleen de hoofddoelen en bevat zo min mogelijk ‘ruis’;
- Gebruik maken van een duidelijke strategie om studenten te stimuleren het practicum goed voor te bereiden en na te laten denken over het practicum, zodat de practicumopdracht antwoord geeft op een vraag die de student vooraf heeft bedacht;
- De practicumopdracht is zo ontworpen dat hij studenten ondersteunt bij het leggen van een link tussen eerdergenoemde kennisdomeinen op basis van geplande scaffolding.

Een van de redenen waarom de effectiviteit van practica te wensen overlaat is volgens Osborne (1993) dat bij de meeste practica te veel nadruk wordt gelegd op de link tussen practica en de theorie (A) en onvoldoende nadruk op de ontwikkeling van theorie om de practica beter te kunnen doorgronden (B), figuur 2 geeft deze relatie en disbalans weer. Deze balans zou volgens Osborne (1993) moeten worden hersteld om de effectiviteit van practica te verhogen, zodat studenten meer bezig zijn met het ontwikkelen van natuurwetenschappelijke kennis dan met het manipuleren van objecten en apparatuur.



Figuur 2 relatie tussen theorie en practica

Hofstein en Lunetta (2004) geven aan dat de leerdoelen die nodig zijn om leren binnen practica mogelijk te maken nagenoeg synoniem zijn aan de leerdoelen voor het leren van de natuurwetenschappen in het algemeen. Volgens deze benadering is, om de effectiviteit van practica te verhogen, het van belang studenten het nut van de uit te voeren practica in te laten zien. Zo moeten studenten bewust gemaakt worden van de doelen en leeropbrengsten die door de uitvoering van het practicum te behalen zijn.

Perceptie van studenten en docenten

De effectiviteit van practica wordt medebepaald door hoe studenten de practica ervaren. Deze perceptie van studenten van de practicumleeromgeving heeft een sterk effect op de prestaties van studenten in natuurwetenschappelijke onderwerpen (Akinbobola, 2015; Luketic & Dolan, 2013; Wong en Fraser, 1994; Fraser, McRobbie en Giddings, 1993). Hofstein, Cohen en Lazarowitz (1996) onderzochten de perceptie van studenten bij chemie- en biologiepractica, waarbij gekeken werd naar de huidige (situatie zoals deze op moment van meten was) en de gewenste situatie (de ideale situatie voor practica als leeromgeving). Zij vonden significante verschillen in perceptie op twee punten: integratie, wat de integratie van practica en theorielessen beschreef, en openheid, wat een maat was voor hoe open de benadering van het practicum was.

De effectiviteit van practica wordt medebepaald door de perceptie van docenten, wanneer er een substantieel verschil is tussen de perceptie van docenten en studenten bestaat het risico dat de intentie van de docent, de voorgeschreven leerdoelen en gewenste leeropbrengsten door de student niet worden bereikt, met als gevolg een lagere effectiviteit van de practica (Wong & Fraser, 1994).

Luketic en Dolan (2013) onderschrijven dat de perceptie van studenten van practica als leeromgeving invloed heeft op hoe en wat studenten leren en het vasthouden van deze kennis. Zij onderzochten de perceptie van studenten met behulp van de Science Laboratory Environment Inventory (SLEI) (Fraser, McRobbie & Giddings, 1993). Luketic en Dolan (2013) concludeerden dat er verschillen zijn in perceptie tussen studenten met een verschillend kennisniveau. Studenten met een lager kennisniveau ervaren practica minder positief dan studenten met een hoger kennisniveau. De onderzoekers wijten dit aan factoren als natuurwetenschappelijke ervaringen, academische prestaties, het vermogen een link te leggen tussen de theorie en de practica, cognitieve rijping en aanwezige voorkennis. Dit onderzoek laat zien dat de perceptie van de student van invloed kan zijn op de effectiviteit van practica. Door in te spelen op de verschillende cognitieve niveaus kan het leren van practica succesvoller worden gemaakt, oftewel de effectiviteit van practica verhogen.

Het belang van voldoende voorkennis en een goede voorbereiding

Als practica worden ingezet als werkvorm voor een diepere verwerking van de stof dan bestaat het risico dat door gebrek aan voorkennis en voorbereiding de cognitieve load te hoog wordt. Wanneer studenten nog weinig accurate voorkennis bezitten, kan het werkgeheugen overbelast raken als de hoeveelheid en complexiteit van de nieuwe informatie de capaciteit van het werkgeheugen overschrijdt, er ontstaat een cognitieve overload. Wanneer dit gebeurt wordt het begrijpen en leren van de informatie negatief beïnvloed. Instructies bij practica bestaan vaak uit verschillende brokken informatie, die door de student tegelijkertijd moeten worden verwerkt om uiteindelijk te begrijpen wat geleerd moet worden (Pollock, Chandler & Sweller, 2002; Haslam & Hamilton, 2009). Hierdoor bestaat het gevaar op cognitieve overload. Om de cognitieve load te verlagen is het construeren van schema's bij het verwerken van nieuwe informatie noodzakelijk.

Ook het ophalen van bestaande kennis uit het lange termijngeheugen is essentieel voor het begrijpen van nieuwe informatie en heeft belangrijke implicaties voor het begrijpen van de instructies bij practica. Instructiemateriaal waarbij van de lerenden verwacht wordt dat zij informatie met onderlinge samenhang moeten verwerken alvorens begrip optreedt, wordt gezien als een hoge cognitieve belasting en heeft invloed op het begrip en leren van de aangeboden informatie. Dit wordt ook wel het split attention effect genoemd (Chandler & Sweller, 1991, 1998; Haslam & Hamilton, 2009). Een voorbeeld van dit effect is, als studenten gevraagd worden een buret te hanteren en ze tegelijkertijd de instructies hoe te titreren moeten lezen.

De cognitieve (over)load kan zo van invloed zijn op de effectiviteit van practica. Hofstein & Mamlok-Naaman (2011) pleiten er dan ook voor binnen practica minder content aan te bieden, zodat cognitieve overload wordt voorkomen en zodat meer ruimte ontstaat voor een dieper begrip van de te leren stof. Het is dus belangrijk dat practica goed worden voorbereid en dat de docent inspeelt op het gebrek aan voorkennis. Zo kan cognitieve overload worden voorkomen en kan het effect van practica worden verhoogd.

Een andere manier om cognitieve overload te voorkomen is in te spelen op de verschillende instapniveaus van studenten. Dreyfus (1986) stelt dat practica zo ontwikkeld moeten worden dat deze door studenten met een verschillend niveau in voorkennis en verschillende cognitieve niveaus effectief kunnen worden uitgevoerd. Voor de practicumleerlijn binnen de lerarenopleiding biologie moeten de practica zo ontwikkeld worden dat studenten met een verschillend niveau in voorkennis en cognitief niveau de practica effectief kunnen uitvoeren zonder de eindtermen van de opleiding uit het oog te verliezen.

Tot slot

Bij de lerarenopleiding biologie bestaat de practicumleerlijn vooral uit traditionele practica waarbij de opbouw zo is dat het niveau van vaardigheden en kennis toeneemt naarmate de student verder komt in de opleiding. Zoals uit verschillende onderzoeken blijkt, zijn traditionele practica niet voldoende effectief voor conceptueel leren. Conceptueel leren is veelal wel een van de doelen van de practica.

In een effectieve practicumleeromgeving zijn studenten niet alleen bezig met het manipuleren van materialen en apparatuur maar ook met het construeren van conceptuele kennis. Om dit te bereiken is het van belang dat de genoemde kenmerken van een effectieve practicumleeromgeving op orde zijn. Dit betekent dat: 1) de leerdoelen en leeropbrengsten helder geformuleerd zijn, 2) studenten in de gelegenheid gesteld worden de koppeling tussen de theorie en praktijk te maken, met andere woorden dat er voldoende tijd is voor het uitvoeren en verwerken van de practicumtaak, 3) de practica zo ingericht zijn dat ingespeeld wordt op de verschillende instapniveaus van studenten en 4) cognitieve overload wordt voorkomen door ruimte te bieden voor het dieper doorgronden van de te leren stof.

Om de effectiviteit van de practica binnen de practicumleerlijn te verhogen is het raadzaam practica binnen het huidige curriculum onder de loep te nemen en te kijken hoe deze verbeterd en aangepast kunnen worden, waarbij tegemoet wordt gekomen aan de leerbehoefte van de student. Inzicht in de gerealiseerde practicumleeromgeving, de perceptie van student en docent, de mate van cognitieve load en de voorbereiding en voorkennis van studenten kunnen helpen de effectiviteit van de practica binnen de practicumleerlijn van de lerarenopleiding biologie te verbeteren.

1.3 Vraagstellingen en hypothesen

De centrale vraag van dit onderzoek was: “in welke mate vormt de practicumleerlijn van de lerarenopleiding biologie een effectieve practicumleeromgeving?”

Om antwoord te kunnen geven op de centrale vraag werden eerst een aantal deelvragen opgesteld. De eerste deelvraag is opgesteld om het probleem scherper in beeld te krijgen. De overige deelvragen moesten samen een antwoord geven op de centrale vraag.

Deelvragen

1. In hoeverre worden de beoogde leeropbrengsten bereikt en hoe zie je dat o.a. terug in de eindproducten?
2. In hoeverre is de vormgeving van de practicumleeromgeving in overeenstemming met wat bekend is over effectieve practicumleeromgevingen?
3. In hoeverre is de studentperceptie van de practicumleeromgeving in overeenstemming met de bedoelde perceptie volgens docenten en volgens practicuminstructie?
4. In hoeverre zijn de voorbereiding en voorkennis van studenten bij aanvang van de practica passend om effectief te leren binnen de practicumleeromgeving?
5. Is er ontwikkeling in het niveau van vaardigheden en conceptuele kennis in de loop van de opleiding?

De gestelde vragen zijn vooral exploratief en beschrijvend van aard. Het onderzoek kent dan ook geen specifiek toetsbare hypothesen, wel wordt verwacht a) dat de leeropbrengsten tekortschieten zowel op het punt van basisvaardigheden als op het punt van diepe verwerking, b) dat de effectiviteit van practica binnen de opleiding belemmerd wordt door een practicumleeromgeving, die niet in overeenstemming is met wat bekend is over effectieve practicumleeromgevingen, verschillen in perceptie tussen student en docent, gebrek aan basisvaardigheden en voorkennis bij de student en een niet optimale aansluiting bij het niveau van de student.

2. Methode

2.1 Ontwerp

De centrale onderzoeksvraag en de deelvragen zijn deels exploratief en deels toetsend van aard. Om de vragen te beantwoorden waren zowel kwantitatieve als kwalitatieve technieken nodig; er werd gekozen voor een mixed-method volgens het convergent parallel design (Creswell, 2014). Als onderzoekscases zijn binnen de huidige practicumleerlijn twee practica geselecteerd die goed met elkaar te vergelijken zijn omdat de onderliggende theorie van beide practica binnen hetzelfde domein vallen en in uitvoering voldoende van elkaar verschillen als het gaat om het toepassen van vaardigheden. Het eerste practicum wordt gegeven in het eerste studiejaar en het tweede practicum in het tweede studiejaar en borduurt voor een groot deel voort op het eerste practicum.

Deelvraag 1 werd beantwoord door een analyse van de eindproducten van studenten en observaties uitgevoerd om het proces, wat studenten doen en de interactie tussen studenten en docenten tijdens de practica, in kaart te brengen.

Deelvraag 2 betreft een vergelijking van de huidige practicumleeromgeving met wat er in de literatuur bekend is over effectieve practicumleeromgevingen. De bedoelde practicumleeromgeving werd geanalyseerd middels een documentanalyse (practicumhandleiding, criteria, etc.). Om de gerealiseerde practicumleeromgeving in kaart te brengen werd gebruik gemaakt van observaties.

De perceptie (deelvraag 3) werd onderzocht met een cross-sectional survey. Naast vragen om de perceptie in kaart te brengen werd ook getracht kwantitatieve data te verkrijgen die inzicht moest geven in het startniveau, voorkennis en voorbereiding van studenten.

Deelvraag 4 werd beantwoord door afname van korte testen voor aanvang van de practica en aan de hand van de observaties, waarbij gelet wordt op de beheersing van practicumvaardigheden, aanwezige voorkennis en voorbereiding van de studenten tijdens de practica.

Deelvraag 5 werd beantwoord aan de hand van de in de resultaten gevonden verschillen tussen de eerste- en tweedejaarsstudenten.

2.2 Participanten

Eerste- en tweedejaars voltijdstudenten ingeschreven - voor de cursus Chemie van het leven of Humane fysiologie- in het studiejaar 2018 – 2019, namen aan het onderzoek deel ($N=36$). Gezien de tijdsperiode waarin het onderzoek heeft plaatsgevonden is gekozen het onderzoek alleen bij voltijdstudenten uit te voeren. De leeftijd van studenten varieerde van 17 – 25 jaar. Studenten waren verdeeld over twee cohorten, cohort 1 waren de eerstejaarsstudenten en cohort 2 waren de tweedejaarsstudenten. Cohort 1 bestond bij aanvang van het onderzoek uit 14 mannen en 9 vrouwen en cohort 2 uit 6 mannen en 7 vrouwen.

Alle docenten en praktijkinstructeurs, die betrokken waren bij de practica biologie werden geïnccludeerd in het onderzoek ($N=9$ waarvan 5 mannen en 4 vrouwen).

2.3 Materialen en dataverzamelinstrumenten

Om de deelvragen en de centrale onderzoeksvraag te beantwoorden werd gebruik gemaakt van verschillende materialen en dataverzamelinstrumenten. Tabel 1 geeft een overzicht van de gebruikte materialen en methoden en welke deelvraag zij moesten beantwoorden. Waarna in de tekst uitleg wordt gegeven hoe elk materiaal en methode werd ingezet.

Tabel 1 Overzicht materialen en te beantwoorden deelvraag

Materiaal	Te beantwoorden deelvraag
Observaties	1,2 en 4
Vragenlijst (survey)	3
documentanalyse	1 en 2
Testjes	4

Om het proces en de effectiviteit van de practica in kaart te brengen werd tijdens de observaties gebruik gemaakt van een model dat inzage moest geven in het proces tijdens de practica en wat studenten ervan leren. Hierbij werd gebruik gemaakt van een 2x2-tabel waarin onderscheid werd gemaakt tussen twee niveaus in de domeinen: waarnemingen en ideeën. De effectiviteit van een taak of practicum werd volgens dit model gescoord op procesniveau (wat doen studenten) en op cognitief niveau (wat leren studenten). Tabel 2 geeft het raamwerk weer op basis waarvan de effectiviteit van de practica met behulp van observaties in kaart werden gebracht en vormde het kader voor de interpretatie van de observaties. Deze tabel is geïntegreerd in het observatieformulier waar tijdens de observaties gebruik van is gemaakt (zie bijlage 1). Met behulp van het observatieformulier werd inzicht verkregen in hoeverre de verschillende kenmerken bepalend voor een effectieve practicumleeromgeving aanwezig waren en bood het extra inzicht in het proces. Ook werd bij de observaties gekeken naar het type vragen dat studenten stelden.

Tabel 2 practicum-observatieschema

Een taak is effectief als	Waarnemingen (domein 1)	Ideeën (domein 2)
Niveau 1 (proces)	Studenten manipuleren en maken gebruik van het materiaal en de apparatuur zoals de docent dat bedoeld heeft.	Studenten denken over de taak na door gebruik te maken van de ideeën en natuurwetenschappelijke woordenschat zoals de docent dat bedoeld heeft.
Niveau 2 (cognitief)	Studenten herkennen patronen in de door hen geobserveerde data, kunnen deze beschrijven, kunnen de procedure beschrijven, een nieuwe opzet bedenken en vergelijkbaar materiaal en apparatuur manipuleren en gebruiken.	Studenten begrijpen de door hen geobserveerde data door deze te verbinden aan de bestaande natuurwetenschappelijke theorieën. Waarbij zij gebruik maken van de ideeën en natuurwetenschappelijke woordenschat zoals de docent dat bedoeld heeft.

Voor de documentanalyse is gebruikgemaakt van de cursushandleidingen, practicumhandleidingen en eindproducten. Daarnaast is een beoordelingsformulier ontwikkeld op basis waarvan de eindproducten konden worden beoordeeld. Dit beoordelingsformulier is opgenomen in bijlage 2.

Om de perceptie van studenten en docenten in kaart te brengen, werd gebruik gemaakt van de “Science Laboratory Environment Inventory” (SLEI). Deze vragenlijst ontwikkeld door Fraser et al. (1993) bestaat uit 35 vragen verdeeld over vijf aspecten. Het eerste aspect beschrijft de studentcohesie: hoe goed kennen studenten elkaar, hoe goed werken studenten samen en hoe goed ondersteunen studenten elkaar. Het tweede aspect beschrijft de vrijheid binnen de practica: mogelijkheden om eigen onderzoek vorm te geven, het nastreven van individuele interesses en op eigen wijze construeren en vergroten van de natuurwetenschappelijke kennis. Het derde aspect beschrijft de mate van integratie: hoe zijn de practicumactiviteiten verbonden aan de theorie zoals deze tijdens de theorielessen worden gegeven? Het vierde aspect beschrijft de helderheid van regels: dit aspect wordt gedefinieerd door hoe duidelijk de structuur en verwachtingen gecommuniceerd en geïntegreerd worden.

Het vijfde aspect beschrijft de materiële omgeving: geeft een beschrijving van de perceptie van studenten over de toereikendheid van het practicummateriaal en apparatuur. Dit instrument is gekozen, omdat de validiteit van deze vragenlijst door meerdere onderzoeken bevestigd wordt (Fraser et al., 1993; Luketic & Dolan, 2013). Het instrument heeft een hoge sensitiviteit als het gaat om verschillende benaderingen van practica zoals veel of weinig onderzoekgerichte experimenten en verschillende wetenschappelijke disciplines zoals biologie, chemie etc. (Hofstein, Cohen & Lazarowitz, 1996). De SLEI is vertaald en werd aangevuld met een aantal vragen om inzicht te krijgen in het startniveau en hoe zij zelf aankijken tegen de mate van voorbereiding en voorkennis waarover zij denken te beschikken. Items werden gescoord op een Likert-schaal van 1-5 waarbij 1= bijna nooit en 5= erg vaak. In bijlage 3 is een versie van de afgenomen vragenlijst te vinden.

Om na te gaan in hoeverre studenten zich op de practica hadden voorbereid en over de benodigde voorkennis beschikten is er bij elk cohort voorafgaand aan de practica een korte test afgenomen. De afgenomen testen per practicum zijn opgenomen in bijlage 4.

2.4 Procedure en dataverzameling

Docenten en eerste- en tweedejaars voltijdstudenten, ingeschreven in het studiejaar 2018-2019, werden gevraagd of zij wilden participeren in het onderzoek. Studenten en docenten ontvingen een brief, waarin zij geïnformeerd werden over deelname aan het onderzoek. Deelname vond geheel anoniem plaats en geschiedde op vrijwillige basis. Studenten of docenten konden bij de onderzoeker aangeven of zij toestemming gaven deel te nemen aan het onderzoek. Dit kon zowel mondeling als schriftelijk. Gegevens van studenten en docenten die geen toestemming verleenden werden niet gebruikt en deze personen werden niet gefilmd. Verder werd aangegeven dat alle gegevens anoniem verwerkt zijn. Tijdens het onderzoek werd studenten en docenten gevraagd een vragenlijst in te vullen en werd voor aanvang van de uit te voeren observaties toestemming aan de studenten gevraagd. De informatie- en toestemmingsbrieven zijn opgenomen in bijlage 5a en 5b.

De eindproducten zijn mede-eigendom van de hogeschool en zijn voor beoordeling op eindniveau gebruikt. Eindproducten moeten doorgaans minimaal één jaar worden bewaard wat het retrospectief mogelijk maakte eindproducten van oudere cohorten te beoordelen.

De observaties werden uitgevoerd door twee practicumlessen integraal op te nemen. Hierbij werd zowel gebruik gemaakt van video-opnames als audio-opnames. Vervolgens werden de opnames geanalyseerd volgens de methoden beschreven door Abrahams en Reiss (2012) en Millar et al. (1999).

2.5 Data-analyse

Binnen de documentanalyse werden aan de hand van de beschikbare documenten zoals de beoordelingscriteria, de beschreven leerdoelen en de kennisbasis eindproducten beoordeeld en geclassificeerd op tekortkomingen in de leeropbrengsten.

Daarnaast werden dezelfde documenten alsook de uitgevoerde observaties gebruikt om in kaart te brengen in hoeverre de vormgeving van de practicumleeromgeving in overeenstemming is met wat bekend is over effectieve practicumleeromgevingen.

Voor de beoordeling van de eindproducten binnen de documentanalyse zijn de antwoorden op de gebruikte criteria gescoord op basis van het aantal keer dat deze score bij de verschillende eindproducten voorkwamen. Aan de hand van deze scores en overige bevindingen kon de beoordeling van de eindproducten worden onderverdeeld in verschillende thema's.

Deze thema's zijn vervolgens gelabeld. Op basis van de gevonden thema's kon vervolgens een beschrijving worden gegeven van het voorkomen van een aantal kenmerken bepalend voor de effectiviteit van de practica en of de beoogde leeropbrengsten door studenten al dan niet werden behaald.

Ook bij de analyse van de verschillende beschikbare documenten is zoveel mogelijk gebruik gemaakt van het labelen op thema en zijn opvallende zaken genoteerd. Vervolgens is op basis van de bevindingen een beschrijving gegeven van het voorkomen van een aantal kenmerken bepalend voor de effectiviteit van de practica.

Met behulp van het observatieformulier (bijlage 1) zijn de observaties geanalyseerd. Veel voorkomende thema's zijn gelabeld op basis van de kenmerken bepalend voor de effectiviteit van de practica. De verschillende vragen die studenten tijdens de geobserveerde practica stelde zijn in kaart gebracht en gescoord volgens een vragen typologie afgeleid van een typologie opgesteld door M. E. Haagsman (persoonlijke communicatie, 19 december, 2018). In deze typologie maakt zij onderscheid tussen hogere orde, lagere orde, bevestigings- en organisatorische vragen. In tabel 3 is de afgeleide vragentypologie opgenomen en is aan elke categorie een code om de vragen te kunnen scoren toegekend.

Tabel 3 Vragentypologie

	Thema			
	Vaardigheden	Theorie	Interpretatie	Overig
Type vraag				
Verdieping	A1	B1	C1	D1
Oppervlakkig	A2	B2	C2	D2
Bevestiging	A3	B3	C3	D3
Organisatorisch	A4	B4	C4	D4
Overig	A5	B5	C5	D5

Ook is gescoord hoe vaardig studenten in het laboratorium zijn en is met name bij de cohort van tweedejaarsstudenten gekeken of er een verbetering waarneembaar was ten opzichte van het voorgaande jaar.

De kwalitatieve bevindingen zijn na ordening op thema gelabeld waarna gekeken werd naar verbanden tussen de verschillende labels (Creswell, 2014; Baarda, de Goede & Teunissen, 2009).

De resultaten van de afgenomen vragenlijsten zijn verwerkt met SPSS. De gestelde vragen zijn onderverdeeld in de eerdergenoemde vijf schalen. Enkele vragen zijn negatief geformuleerd zodat de antwoorden gehercodeerd moesten worden (zie bijlage 3). Om een uitspraak te kunnen doen over de perceptie van studenten en docenten over de huidige practicumleerlijn en om verschillen zijn een aantal statistische toetsen uitgevoerd. Om verschillen tussen de groepen studenten en docenten te duiden en de richting van de antwoorden te bepalen (positief of negatief gescoord), zijn de gemiddelden van de verschillende schalen bepaald op student- en docentniveau en op cohortniveau. Kijkend naar de literatuur zou om verschillen aan te duiden gebruik gemaakt kunnen worden van een t-test en een ANOVA (Akinbobola, 2015 & Fraser en Lee, 2008).

Hier is in dit geval niet voor gekozen omdat de steekproefgrootte aan de kleine kant is ($N = 34$), de verdeling is niet normaal verdeeld en de vragenlijst is afgenomen volgens de Likertschaal waardoor een t-test of ANOVA statistisch gezien niet geoorloofd is (Field, 2014). Door de kleine steekproef en mogelijke extremen kan de T-toets of ANOVA een vertekend beeld geven, het is daarom beter te kiezen voor een Mann Withney-test en een Kruskal Wallis-test, dit zijn non-parametrische testen waarvoor de onderliggende assumpties van een populatie < 30 , normale verdeling etc. niet gelden (Baarda, 2017 & Field, 2014).

Aan de respondenten werd ook een aantal algemene vragen gesteld. Studenten is gevraagd welke vooropleiding zij hebben afgerond, of zij de practica goed voorbereiden en of zij van mening zijn te beschikken over de juiste voorkennis. Docenten is gevraagd hoelang zij al docent en lerarenopleider zijn, in hoeverre zij van mening zijn dat studenten de practica voorbereiden en over de juiste voorkennis beschikken. De resultaten zijn gebruikt om een uitspraak te doen over de mate van voorbereiding en aanwezige voorkennis en het instapniveau van de student, allen kenmerken voor het bepalen van een effectieve practicumleeromgeving.

De afgenomen testjes voor aanvang van de geobserveerde practica zijn voor analyse verzameld en verwerkt met SPSS. De gestelde vragen zijn onderverdeeld in twee categorieën: 1) voorbereiding en 2) voorkennis. Op basis van de gegeven antwoorden is aan de vragen een score toegekend van 1 tot 4 met respectievelijk de betekenis van goed, fout, bijna goed en niet beantwoord. Op basis van het aantal keer een bepaalde score voorkomt, kon een uitspraak worden gedaan in welke mate studenten het practicum hadden voorbereid en in welke mate actuele voorkennis bij de studenten aanwezig was.

3. Resultaten

3.1 Documentanalyse

Op alle beschikbare documenten behorende bij de geobserveerde practica is een documentanalyse uitgevoerd, waarbij werd gelet op het voorkomen van kenmerken van een effectieve practicumleeromgeving en is gekeken naar overige opvallende zaken. Daarnaast zijn de eindproducten van studenten beoordeeld op criteria op basis van kenmerken bepalend voor een effectieve practicumleeromgeving.

Analyse materiaal leerjaar 1

In leerjaar 1 is het materiaal van de cursus Chemie van het Leven geanalyseerd. In de practicumhandleiding worden bij de practicumomschrijvingen geen leerdoelen vermeld. Deze leerdoelen worden in de cursushandleiding omschreven, in bijlage 6 is een overzicht opgenomen van de beschreven leerdoelen.

De beschreven leerdoelen dekken niet volledig het beoogde domein, zijn niet specifiek gericht op de inhoud van de cursus, bieden geen aanknopingspunten voor de beoogde leeropbrengsten van de practica, geven geen richting aan de inhoudelijke doelen van de practica en de afgeleide vaardigheidsdoelen zijn generiek geformuleerd. De leerdoelen bieden zo geen houvast voor de studenten. Verder viel op dat de leerdoelen geformuleerd zijn volgens de laagste twee niveaus van de taxonomie van Bloom en gebaseerd zijn op de oude kennisbasis, SBL-competenties en Dublindescriptoren. Dit is opmerkelijk omdat er in 2017 een herijking van de kennisbasis heeft plaatsgevonden en in augustus 2017 zijn de SBL-competenties vervangen door de nieuwe wettelijke bekwaamheidseisen waarbij de oude competenties zijn ondergebracht in drie bekwaamheidscategorieën: vakinhoudelijk, vakdidactisch en pedagogisch.

In de cursushandleiding wordt één leerdoel expliciet voor de practica vermeld namelijk: “Chemische experimenten zorgvuldig en veilig uitvoeren en hiervan een verslag volgens de natuurwetenschappelijke methode schrijven.” Dit leerdoel is generiek voor laboratoriumwerkzaamheden en geeft geen specifieke richting aan de cursus Chemie van het Leven.

In de cursushandleiding zijn de leerdoelen uit de verschillende domeinen van de kennisbasis en die op de cursus van toepassing zijn opgenomen. Wat opvalt is dat bij het thema ‘biologie leren’ een keuze gemaakt is alleen in te zetten op de didactische functie van contexten. Begripsontwikkeling, leren van (complexe) vaardigheden, model- en kritisch denken worden buiten beschouwing gelaten. Binnen het domein leeromgeving is aandacht voor het practicumlokaal (inclusief ARBO) niet in de handleiding opgenomen. Hier wordt tijdens de practica zelf wel aandacht aanbesteed. Bij deze cursus wordt in de handleiding ook geen aandacht besteed aan de domeinen kennis over biologie, natuurwetenschappelijke- en biologische vaardigheden.

In de practicumhandleiding wordt aandacht besteed aan de beoogde leeropbrengsten, het aanleren van vaardigheden, veiligheid, regels in het practicumlokaal en het schrijven van een

onderzoeksverslag. De practicumtaken zijn in kookboekstijl beschreven. Bij de taken wordt een korte inleiding gegeven, wordt aangegeven wat de student ter voorbereiding moet doen, wat de benodigdheden zijn, hoe de student het practicum moet uitvoeren en hoe het practicum verwerkt moet worden.

Analyse materiaal leerjaar 2

In leerjaar 2 is materiaal van de cursus Humane Fysiologie geanalyseerd. De cursushandleiding bevat de verantwoording in termen van leerdoelen, eindtermen op basis van de kennisbasis biologie, SBL-competenties en dublindescriptoren. Ook in deze cursushandleiding zijn de leerdoelen uit de verschillende domeinen van de kennisbasis en die op de cursus van toepassing zijn opgenomen. Daarnaast bevat het ook de theorie- en practicumopdrachten. In de cursushandleiding wordt onderscheid gemaakt tussen leerdoelen met betrekking tot de inhoud en vaardigheidsdoelen. Deze leerdoelen zien niet gericht op de practica en geven geen richting aan de invulling van de practica.

In de cursushandleiding worden practica wel als werkvorm benoemd: “Op de practicumdag wordt er individueel en/of in groepjes gewerkt aan practica ter ondersteuning van de theorie.” Hieruit blijkt dat de practica van deze cursus worden ingezet met als doel ondersteuning van de theorie en dus begripsontwikkeling wat een van de vier doelen is om een practicum effectief in te zetten. De practicumtaken zijn naar thema of orgaanstelsel geordend.

Bij de practicumtaken wordt een korte inleiding gegeven, wordt aangegeven wat de student nog eens kan bestuderen en wat de student op voorhand moet doen. Niet bij alle practicumtaken wordt een (leer)doel of vraagstelling beschreven. Bij het bestuderen van microscopische preparaten krijgt de student wel gerichte aanwijzingen wat hij of zij moet bestuderen of tekenen.

Het practicum dat in dit onderzoek geobserveerd werd bestond uit drie onderdelen: snijpracticum nier, histologie van de nier en osmose. Wat opvalt is dat bij het snijpracticum nier geen beoogd doel wordt gegeven. Wel wordt aangegeven wat gedaan kan worden om het practicum voor te bereiden en de voorkennis te activeren. Daarnaast wordt een korte beschrijving gegeven hoe de student te werk moet gaan en wat de student moet tekenen, bestuderen en in de tekening moet benoemen. Ook bij de histologie van de nier wordt geen doel gegeven, er wordt kort beschreven wat de student moet doen en tekenen. Bij het onderdeel osmose wordt een korte inleiding gegeven, ook hier wordt geen doel vermeld. De opdracht wordt in de vorm van een kookboek beschreven. De student moet ter voorbereiding een verwachting formuleren, het experiment uitvoeren en een conclusie verwoorden.

Beoordeling eindproducten studenten

Om antwoord te kunnen geven op de vraag in hoeverre de beoogde leeropbrengsten worden bereikt en hoe dit terug te vinden is in de eindproducten, zijn alle aanwezige eindproducten van zowel de eerste- als tweedejaarsstudenten beoordeeld op basis van de vooraf opgestelde criteria.

In bijlage 7 is een overzicht te vinden waar de scores zijn weergegeven van het totaal aantal voldaan, niet voldaan of een beetje voldaan aan de gestelde criteria. In totaal zijn 17 eindproducten beoordeeld. Uit de beoordeling van de eindproducten kwamen een aantal terugkerende thema's naar voren die gelabeld zijn als taalvaardigheid, openheid van experimenten, bron gebruik, begripsvorming, koppeling resultaten en niveau conclusie/discussie. Niet alle labels kwamen voort uit de gestelde criteria maar kwamen bij de overige opvallende zaken in het beoordelingsformulier veelvuldig terug, waardoor ervoor is gekozen deze thema's apart te labelen. Op het gebied van taalvaardigheid bereiken studenten nog niet het niveau wat zij aan het einde van de opleiding moeten beheersen (4F). Grammatica en spelling worden niet op de juiste wijze toegepast en argumentatie en redenering ontbreekt in veel gevallen. Uit de verslaglegging van een practicum met een wat meer open karakter blijkt dat studenten moeite hebben met het uitvoeren (blijkt uit methodesectie) en verwerken (blijkt uit resultaten- en conclusie/discussiesectie) van dergelijke experimenten. Voor het gebruik van bronnen maken studenten veelvuldig gebruik van internetbronnen. Het voorgeschreven studieboek werd slechts een enkele keer gebruikt. In de verslaglegging is nog weinig sprake van begripsvorming, dit blijkt ook uit de score op dit criterium, passen studenten het toe, dan zijn het hoofdzakelijk losse kreten waarbij de samenhang ontbreekt. Studenten hebben moeite met het koppelen van de resultaten aan de theorie en verwachtingen, deze koppeling is minimaal en in veel gevallen afwezig. Studenten zijn niet in staat de door hen gegenereerde resultaten tijdens een practicum te interpreteren en daar een heldere conclusie aan te verbinden en de resultaten op basis van de achterliggende theorie en verwachtingen te bediscussiëren. De volgende vier voorbeelden laten zien dat de conclusie en discussie in veel gevallen nietszeggend zijn en weinig samenhang bevatten en dat de begripsontwikkeling achterblijft.

“Uit de mol berekeningen die aan de hand van de uitkomsten van de titraties zijn gemaakt kan het volgende worden geconcludeerd: Het antwoord op de vraag hoeveel vitamine C is er aanwezig in 200 mL versgeperst sinaasappelsap luidt als volgt er is volgens de gemaakte mol berekeningen 190 mg vitamine C aanwezig.”

Student geeft in deze conclusie een opsomming van de resultaten en presenteert dit als conclusie en stopt na het geven van de gevonden hoeveelheid vitamine C.

“In de tabellen is te zien dat de neutraalrood in de pellets is gekomen, dus door het membraan is gekomen. In tabel 2 is te zien dat in buis 3 en 4 waar soda bijgevoegd is een gele supernatant en gele pellets heeft [sic]. Buis 3 is niet verwarmd dus betekent dit dat de neutraalrood door het celmembraan is gekomen met een basisch milieu. Bij een basisch milieu laten gistcellen de stof neutraalrood door het celmembraan heen.”

In deze conclusie geeft de student een herhaling van de resultaten op basis van de waarnemingen en koppelt de student zijn of haar bevindingen niet aan de vooraf opgestelde verwachting en de bijbehorende theorie.

“Uit de resultaten van de twee uitgevoerde titraties is gebleken dat er een gemiddelde van 26,52 gram vitamine C in 100 mL mandarijn zit. In de hypothese is vermeld dat dit 26,70 gram zou moeten zijn. Dit is een klein nauwkeurig verschil. Uit de resultaten is wel gebleken dat de hypothese kan worden aangenomen. De hypothese en resultaten komen op een klein verschil overeen.”

Deze conclusie laat zien dat de student de strekking van het practicum heeft begrepen. De getrokken conclusie is juist, alleen niet volgens de natuurwetenschappelijke methode opgeschreven. De student beschrijft een “nauwkeurig verschil”, maar laat niet zien hoe dit “nauwkeurige verschil” bepaald is en wat het betekent.

“Tijdens ons onderzoek hebben wij vrij onprecies gewerkt. Dit komt omdat het een kwalitatief onderzoek is en dus niet heel precies hoeft te verlopen. Toch kan het een verbeterpunt zijn om iets preciezer te werken. Misschien zal dit de kleuren nog duidelijker maken. Een mogelijk vervolgonderzoek zou kunnen zijn dat de permeabiliteit van ander soort cellen onderzocht worden of deze hetzelfde reageren.”

Deze discussie geeft een reflectie van de manier van werken weer. Er is geen sprake van het bediscussiëren van de door student gegenereerde resultaten. De aanbeveling voor vervolgonderzoek is in orde, maar vormt in deze discussie geen samenhangend geheel met de rest van de tekst.

3.2 Observaties

Bij cohort 1 en cohort 2 is een practicum geobserveerd. Op basis van het ingevulde observatieformulier en het beschikbare audio- en videomateriaal is een analyse gemaakt van het type vragen die studenten tijdens de practica stelden, is de mate van beheersing van laboratoriumvaardigheden in kaart gebracht, is gekeken of de niveaus uit het observatieschema zoals weergegeven in tabel 2 (Millar 2004 en Millar et al., 1999) worden behaald en zijn overige opvallende zaken in kaart gebracht. In bijlage 8 is een samenvatting opgenomen van de transcriptie van het observatiemateriaal.

Bevindingen op basis van het observatieschema

Uit de observaties blijkt dat eerstejaarsstudenten de basisvaardigheden nog niet volledig beheersen. Studenten bereiken in het domein van de waarnemingen nog niet volledig het gewenste niveau. Op procesniveau (niveau 1) gaan studenten onhandig om met het te gebruiken en te manipuleren materiaal, dit blijkt uit het type vragen die studenten stellen binnen het thema vaardigheden en hoe zij de vaardigheden in de praktijk uitvoeren. Tijdens de observaties is waargenomen, dat studenten nog erg zoekende zijn naar gebruik van het juiste materiaal zoals het gebruik van het juiste glaswerk. Enkele voorbeelden ter illustratie:

Student gebruikt een maatkolf waar het voldoende is een maatcilinder te gebruiken.

Student: “Welk glaswerk is dit ook al weer?”

Ook is waargenomen dat pipeteren en het afwegen van chemicaliën niet gebeurt op de manier zoals dit door de docent is uitgelegd en in de practicumhandleiding wordt beschreven.

Studenten hebben moeite met het uitvoeren van bepaalde vaardigheden zoals het verschil tussen het maken van een verdunningsreeks en het maken van een verdunning. Ter illustratie:

Student vraagt: “Als ik vijf keer verdun dan maak ik toch een reeks?”

Op cognitief niveau (niveau 2) blijft het kunnen beschrijven van geobserveerde data en het herkennen van patronen achter. Zo is waargenomen dat studenten niet snappen waarom zij bepaalde handelingen moesten uitvoeren.

Binnen het domein van ideeën denken studenten na over de taak en komen met behulp van de docent tot het gebruik maken van ideeën en de natuurwetenschappelijke woordenschat zoals de docent dat bedoeld heeft. Het cognitieve niveau binnen het domein van ideeën wordt nog niet bereikt. De docent moet stap voor stap uitleggen wat studenten hebben gedaan en welke conclusie zij kunnen verbinden aan de door hen gevonden resultaten. Uit een geobserveerde discussie tussen twee docenten blijkt dat studenten volgens de docent het doel van de proef niet hebben begrepen, de docent merkt op:

“Ze hebben het doel van de proef nog niet begrepen, ze komen niet tot het formuleren van de juiste onderzoeksvraag.”

Tweedejaarsstudenten beheersen in het domein van de waarnemingen volgens de observatieschema beide niveaus. Studenten gebruiken en manipuleren het aangereikte materiaal zoals de docent dat bedoeld heeft en de practicumhandleiding voorschrijft, zoals in het volgende voorbeeld:

Docent: “Moet je niet eerst wat uit de buizen halen?”

Student: “Ja”

Docent: “Hoe doe je dat?”

Student: “Met zo’n pasteurse pipet.”

Studenten herkennen patronen in de door hen geobserveerde data en kunnen deze beschrijven. Wanneer de docent vraagt wat ze aan het doen zijn beschrijven studenten wat ze hebben gedaan en wat zij waarnemen.

In het domein van de ideeën wordt het cognitieve niveau nog niet volledig bereikt. Studenten begrijpen nog niet in alle gevallen de door hen geobserveerde data of maken fouten in hun redentie. Wel proberen zij de data aan bestaande natuurwetenschappelijke theorieën te verbinden en maken zij gebruik van de voor hen beschikbare natuurwetenschappelijke woordenschat zoals de docent dat bedoeld heeft en de practicumhandleiding voorschrijft. Om tot dit niveau te komen moest de docent gebruik maken van interactieve scaffolding door het stellen van de juiste vragen en studenten soms een stapje mee terug te nemen zo dat zij uiteindelijk tot de juiste inzichten komen.

Dit wordt geïllustreerd door een discussie tussen docent en een aantal studenten over de resultaten van de practicumtaak waar zij keken naar de invloed van verschillende stoffen op rode bloedcellen.

Studenten beschreven wat ze hadden waargenomen, maakten daarbij gebruik van de juiste terminologie, maar konden niet volledig verklaren wat ze hadden waargenomen. Daarvoor moest de docent de studenten stap voor stap meenemen door de waarnemingen en welke fenomenen er in de verschillende buizen had plaatsgevonden. Dit deed de docent door gebruik te maken van de juiste begrippen uit de theorie die aan het practicum ten grondslag lag. In bijlage 8 is het transcript van deze discussie opgenomen.

Bevindingen op basis van de vragentypologie

Eerstejaarsstudenten stelden tijdens het practicum vooral vragen ter bevestiging of van organisatorische aard. De gestelde vragen vallen hoofdzakelijk onder het thema vaardigheden. Enkele voorbeelden:

“Hoeveel mL oplossing heb ik nodig?”

“waar moet ik dit weggooien?”

“Ik moet toch 0,25 gram afwegen?”

Vragen over het thema theorie en interpretatie werden minder gesteld en waren hoofdzakelijk oppervlakkig, bevestigend of organisatorisch van aard. Het volgende voorbeeld is een voorbeeld van een bevestigende vraag en laat zien dat de student nadenkt over waar hij of zij mee bezig is:

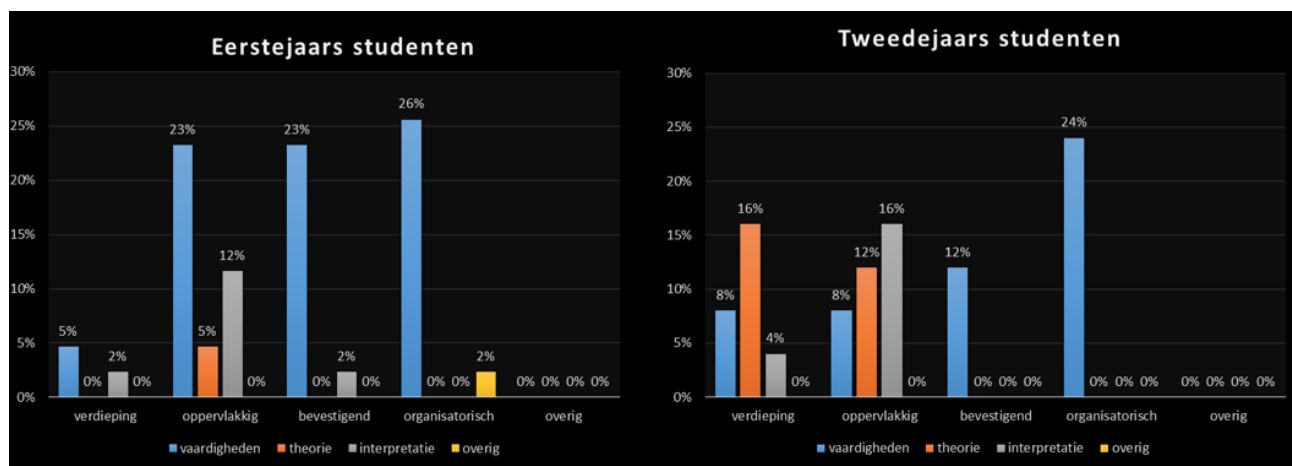
“Als ik de gist verwarm gaan de eiwitten in de membranen toch stuk, dat verandert toch de permeabiliteit en daarom verwarm ik toch?”

Tweedejaarsstudenten stelden soms nog wat basale vragen en stelden in mindere mate vragen ter bevestiging of van organisatorische aard.

Tweedejaarsstudenten stelden meer dan eerstejaarsstudenten vragen binnen het thema interpretatie en theorie en hadden een meer verdiepend karakter. Zo stelde een student de vraag:

“Hoe dat zit bij bloedtransfusie in relatie tot de concentratie opgeloste stoffen?”

Het type vragen die studenten tijdens de practica stelden zijn op basis van de vragentypologie, in tabel 3, voor beide groepen studenten in kaart gebracht. Van het aantal keer dat een type vraag door een student gesteld werd zijn de percentages bepaald en de resultaten hiervan zijn weergegeven in figuur 3. De gegeven percentages zijn uitgedrukt in het aantal keer dat een type vraag gesteld werd ten opzichte van het totaal aantal vragen dat tijdens het practicum gesteld werd. Zo betrof bij eerstejaarsstudenten 26% van het totaal aantal gestelde vragen een organisatorische vraag binnen het thema vaardigheden. Bij de tweedejaarsstudenten was dit 24%. Het percentage verdiepingsvragen lag bij tweedejaarsstudenten hoger dan bij eerstejaarsstudenten. Bij eerstejaarsstudenten was dit bij het thema vaardigheden 5% en bij het thema interpretatie 2%. Bij tweedejaarsstudenten was dit bij het thema vaardigheden 8%, bij het thema theorie 16% en bij het thema interpretatie 4%.



Figuur 3 Overzicht van het type gestelde vragen per thema

Overige bevindingen tijdens de observaties

Wat verder tijdens de observaties opviel was dat bij de uitvoering van het eerstejaarspracticum de nadruk vooral lag op het op de juiste wijze uitvoeren van de laboratoriumvaardigheden, besteedde de docent veel aandacht aan het op de juiste wijze formuleren van de onderzoeksvraag en hielp de docent met behulp van interactieve scaffolding studenten op weg om te komen tot een juiste formulering van de onderzoeksvraag en bijbehorende hypothese. Een passage uit een gesprek tussen student en docent geeft hier een illustratie van:

De student bespreekt met de docent dat hij twee hypothesen heeft, 1 voor een heet milieu (waarmee wordt bedoeld verwarmen van de buis) en 1 voor een basisch milieu. De docent legt stapsgewijs uit dat beide methoden zijn waarmee de proef wordt uitgevoerd en niet de hypothese. Docent geeft aan dat gebruik gemaakt wordt van zowel zuur als basisch milieu en dat dit een methode is om het neutraalrood in geladen of ongeladen toestand te brengen. Dus in de onderzoeksvraag en de hypothese zal het moeten gaan over in welke toestand de stof door het membraan heen kan.

Bij het tweedejaarspracticum lag de nadruk van het practicum meer op verwondering en voorbereiding op de nog te behandelen theorie.

Wat opviel is dat in het eerste jaar studenten vooral extrinsiek gemotiveerd zijn zich in te zetten tijdens het practicum, dit blijkt uit vragen als:

“is dit voor een cijfer?”

“Krijg ik nu een plusje voor mijn labjournaal, want ik heb het voorbereid.”

Tweedejaarsstudenten gaan tijdens het practicum serieus aan de slag met de practicumtaken terwijl daar geen beoordeling tegenover staat. Deze studenten lijken intrinsiek gemotiveerd.

De opbouw van het eerstejaarspracticum is op basis van de observatietabel (bijlage 1) in kaart gebracht. Tijdens het practicum wordt gebruik gemaakt van standaard laboratoriumapparatuur en procedures, is het de bedoeling dat studenten een patroon in de waarnemingen kunnen herkennen.

Studenten toetsen een voorspelling van een theorie of model, namelijk de permeabiliteit van een celmembraan. De observaties van de studenten worden verantwoord door een verklaring op te stellen. Het practicum is object gestuurd omdat wat studenten met ideeën zouden moeten doen (toetsen van de voorspelling van de theorie) voort komt uit wat zij met de objecten zouden moeten doen (waarneming na manipulatie van de objecten).

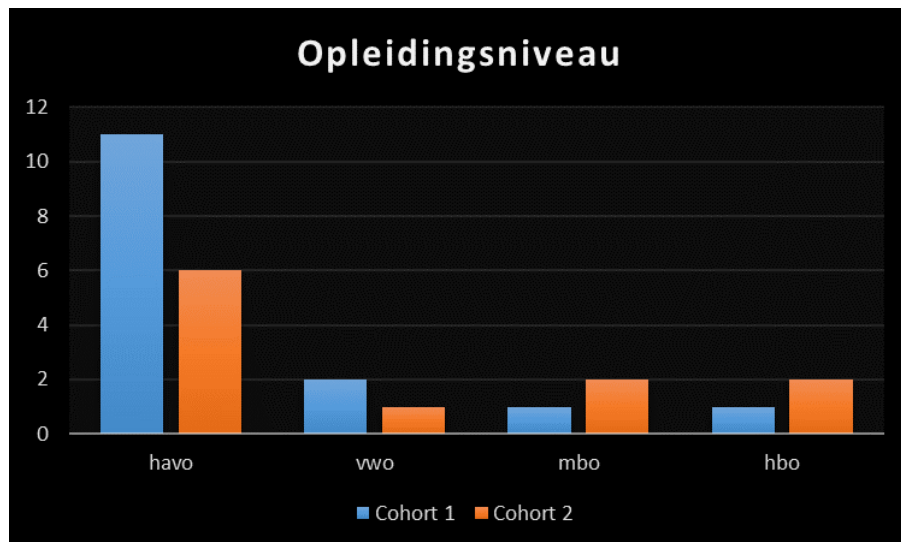
De opbouw van het tweedejaarspracticum is op basis van de observatietabel eveneens in kaart gebracht. De nadruk bij dit practicum lag vooral op het nadenken over ideeën en begripsontwikkeling. Het doel van dit practicum was vooral verwondering en diende als voorbereiding op het theorie thema excretie. Tijdens het practicum werd gebruik gemaakt van standaard laboratoriumapparatuur en procedures, de practicumtaken waren opgedeeld in het observeren van objecten (microscopisch en macroscopisch) en een fenomeen. Het was de bedoeling dat studenten relaties konden leggen tussen de verschillende objecten en patronen konden herkennen.

Verder is in kaart gebracht waar bij beide practica de nadruk ligt, bijvoorbeeld laboratoriumvaardigheden en het proces of begripsvorming en nadenken over ideeën. Uit de observaties komt naar voren dat de nadruk bij het eerstejaars practicum hoofdzakelijk ligt bij het proces, veiligheid, laboratoriumvaardigheden en opstellen van een onderzoeksvraag en verwachting. Bij het tweedejaarspracticum ligt de nadruk vooral op begripsvorming en nadenken over ideeën.

3.3 Vragenlijst

Alle deelnemende studenten en docenten is gevraagd een vertaling van de SLEI in te vullen. Door het vroegtijdig stoppen met de opleiding en ziekte van studenten is het aantal afgenomen vragenlijsten minder dan het aantal studenten waarvan een testje is afgenomen en de observaties zijn uitgevoerd. Eén docent heeft aangegeven niets met practica te doen en hoefde daarom de vragenlijst niet in te vullen. Het totaal aantal respondenten die de vragenlijst hebben ingevuld is 34, waarvan 26 studenten verdeeld over de twee cohorten en 8 docenten. De vragenlijst geeft een overzicht in hoeverre studenten de practica voorbereiden, of zij vinden over de juiste voorkennis te beschikken en een overzicht van hoe studenten en docenten aankijken tegen de huidige practicumleerlijn. In totaal waren binnen de vragenlijst naast de items over voorbereiding en voorkennis de items onder te verdelen in vijf schalen zoals in de methode beschreven. Om de gemiddelde scores op de schalen te bepalen, zijn eerst een aantal items gehercodeerd. Ook is de betrouwbaarheid van de vragenlijst bepaald, deze is met een cronbach's alpha van 0,88 goed te noemen.

Om inzicht te krijgen in het startniveau van studenten is ook gevraagd wat het hoogst genoten opleidingsniveau van studenten was, figuur 4 geeft een overzicht van de verdeling van dit opleidingsniveau per cohort. De meeste studenten zijn de opleiding begonnen met de havo als vooropleiding.



Figuur 4 Gegevens hoogst genoten opleidingsniveau studenten per cohort

Tabel 4 geeft een overzicht van de gemiddelde scores en de standaarddeviatie op voorbereiding, voorkennis en de vijf schalen onderverdeeld in drie groepen, te weten: cohort1, cohort2 en docenten. De gemiddelde scores op voorbereiding laten zien dat studenten dat ze vinden zich soms tot vaak goed voorbereiden op de practica, docenten vinden dit zelden het geval (gemiddelde score van respectievelijk 3.53, 2.91 en 2.38). Studenten uit beide cohorten en docenten vinden dat studenten over voldoende voorkennis beschikken (gemiddelde score van respectievelijk 3.80, 3.55 en 3.25). Om na te gaan of er sprake is van een significant verschil voor beide items een Kruskal-Wallis-test uitgevoerd, deze test laat een significant verschil zien op het item voorbereiding ($H(2) = 10.202, p = 0.006$). Op het item voorkennis is geen significant verschil gevonden ($H(2) = 2.518, p = 0.284$). De Mann-Whitney, die als follow-up is uitgevoerd, laat een significant verschil zien tussen eerstejaars studenten en docenten ($U = 17.000, Z = -2.921, p = 0.003$). Eerstejaarsstudenten zijn van mening zich vaak goed voor te bereiden (gemiddelde score = 3,53) terwijl docenten van mening zijn dat studenten zich zelden tot soms goed voorbereiden op de practica (gemiddelde score = 2,38).

Tabel 4 Gemiddelde scores voorbereiding, voorkennis en item schaal SLEI

Item	<i>M ± SD per groep</i>		
	Cohort 1	Cohort 2	Docenten
voorbereiding	3,53 ± 0,83*	2,91 ± 0,83	2,38 ± 0,52
voorkennis	3,80 ± 0,68	3,55 ± 0,93	3,25 ± 0,71
Student Cohesie	3,99 ± 0,51	4,35 ± 0,49	4,34 ± 0,17
Openheid Practica	2,87 ± 0,39	3,18 ± 0,47**	2,50 ± 0,58
Regelhelderheid	3,82 ± 0,56	3,51 ± 0,43	3,80 ± 0,43
Integratie Theorie	3,67 ± 0,60	3,84 ± 0,53	3,89 ± 0,67
Materiaal en Omgeving	4,07 ± 0,48	4,36 ± 0,32	4,27 ± 0,37

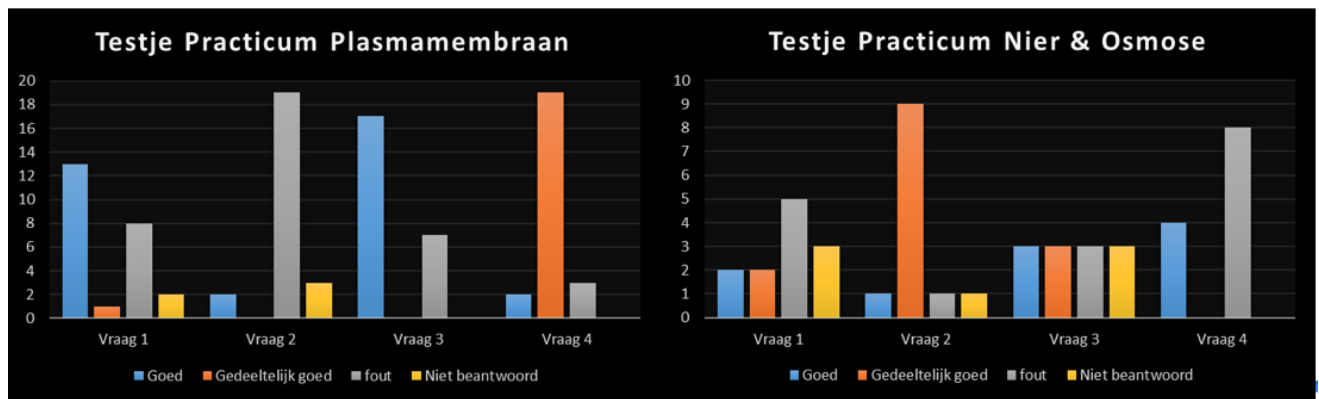
Significant verschil * $p = 0,0034$ ** $p = 0,018$

Of er significante verschillen zijn tussen de verschillende groepen voor de vijf schalen van perceptie is voor elke schaal een Kruskal-Wallis-test uitgevoerd. De toets laat zien dat op het item Openheid Practica sprake is van een significant verschil ($H(2) = 6,832$; $p = 0,033$). Het item Student Cohesie vertoont een marginaal significant verschil ($H(2) = 5,303$; $p = 0,071$). Studenten ervaren de practicumtaken meer als open practica dan docenten.

Om na te gaan tussen welke groepen er sprake is van een verschil is voor de items Openheid practica en Student Cohesie is voor beide items een Mann-Whitney als follow-up analyse uitgevoerd. Deze toets laat op Openheid van practica een significant verschil zien tussen tweedejaars studenten en docenten ($U = 15,500$; $Z = -2,367$; $p = 0,018$). Op het item Student Cohesie is een significant verschil gevonden tussen eerstejaars studenten en docenten ($U = 27,500$; $Z = -2,115$; $p = 0,034$). Docenten ervaren een betere samenwerking tussen de studenten dan dat de studenten dit ervaren ($M = 4,34$; $SD = 0,17$ en $M = 3,99$; $SD = 0,51$).

3.4 Testjes

Om te toetsen of studenten practica goed voorbereiden en of er voldoende voorkennis aanwezig was, is voor aanvang van de geobserveerde practica bij de deelnemende studenten een korte test van vier vragen afgenomen. De eerste twee vragen diende om de voorbereiding te toetsen en de laatste twee vragen bedoeld waren om aanwezige voorkennis te toetsen. In totaal is bij 36 studenten een test afgenomen 24 tijdens het eerstejaars practicum en 12 tijdens het tweedejaarspracticum. In figuur 5 is een overzicht opgenomen van de scores op de vragen afgenomen per practicum, hierbij is onderscheid gemaakt in het aantal goed, gedeeltelijk goed en fout beantwoorde vragen. In bijlage 4 zijn de vragen van beide testjes opgenomen.



Figuur 5 Resultaten afname testje practicum plasmamembraan en Nier & Osmose

Uit de resultaten valt op te maken dat de eerstejaarsstudenten slecht scoren op de vragen die de voorbereiding op het practicumtoetsen, dit in tegenstelling tot wat zij in de vragenlijst hierover hebben aangegeven. Voorkennis is wel aanwezig blijkt uit de resultaten. Ondanks dat de meeste studenten het antwoord op vraag 4 slechts gedeeltelijk goed hadden kan gezegd worden dat enige kennis over de bouw en doorlaatbaarheid van het plasmamembraan aanwezig is. Uit de eindproducten van deze studenten blijkt dat zij de aanwezige kennis en koppeling van theorie met de praktijk laten liggen. Uit de verslaglegging komt de hier geconstateerde aanwezige voorkennis niet naar voren.

Ook tweedejaarsstudenten scoren slecht op de vragen die de voorbereiding op het practicum toetsen. Al doen zij het wel wat beter dan de eerstejaars studenten. Doordat zij een betere score laten zien op de voorbereidingsvragen lijkt het erop dat deze groep studenten zich beter voorbereiden op de practica en in die zin een ontwikkeling hebben doorgemaakt ten opzichte van eerstejaarsstudenten. Wordt bij deze groep gekeken naar de aanwezige voorkennis dan laat de afgenomen test zien, dat hetgeen studenten in het eerste studiejaar geleerd hebben niet opnieuw wordt geactiveerd. Dit is in strijd met wat de resultaten van de vragenlijst laat zien.

4. Conclusie en discussie

De hoofdvraag van dit onderzoek was: “In welke mate vormt de practicumleerlijn van de lerarenopleiding Biologie een effectieve practicumleeromgeving?” In dit hoofdstuk worden eerst de deelvragen besproken waarna antwoord gegeven wordt op de hoofdvraag.

In hoeverre worden de beoogde leeropbrengsten bereikt en hoe zie je dat o.a. terug in de eindproducten?

Volgens de practicumhandleiding is een beoogde leeropbrengst dat studenten een correct natuurwetenschappelijk onderzoeksverslag kunnen schrijven. Uit de eindproducten blijkt dat dit doel niet bereikt wordt. Dit uit zich met name in het niveau van de conclusie en discussie, die in veel gevallen nietszeggend en onsamenhangend zijn. Ook laten studenten niet zien dat zij de theorie kunnen koppelen aan het practicum en blijft de begripsvorming achter.

Als begripsvorming al wordt toegepast of een poging tot het koppelen van de theorie aan het practicum wordt gedaan maken studenten veelal gebruik van losse kreten en ontbreekt de samenhang. Ook tijdens het practicum laten studenten niet zien dat zij de theorie koppelen aan de praktijk. Eerstejaarsstudenten komen hier tijdens het practicum niet aan toe en bij tweedejaarsstudenten wordt deze koppeling niet volledig bereikt. Dit bleek vooral uit de vragen die studenten tijdens de geobserveerde practica stelden. Zo stelden tweedejaarsstudenten meer dan eerstejaarsstudenten vragen over de theorie en interpretatie van de resultaten en gaven aan moeite te hebben met de koppeling tussen de waarnemingen en de theorie.

Een tweede beoogde leeropbrengst betreft basis- en laboratoriumvaardigheden. Uit de observaties is gebleken dat eerstejaarsstudenten de basis- en laboratoriumvaardigheden nog niet goed beheersten. Tweedejaarsstudenten beheersten deze vaardigheden in meerdere mate. Dit bleek met name uit het typen vragen die studenten tijdens de practica stelden. Eerstejaarsstudenten stelden veel vragen binnen het thema vaardigheden, hoofdzakelijk oppervlakkig, bevestigend of organisatorisch van aard. Het lijkt erop dat studenten mede door onvoldoende voorbereiding en het niet goed lezen van de practicumhandleiding niet komen tot een goede beheersing van de basis- en laboratoriumvaardigheden. Tweedejaarsstudenten stelden minder oppervlakkige vragen en iets minder organisatorische en bevestigende vragen binnen het thema vaardigheden. Tijdens het tweedejaarspracticum werkten studenten op een paar uitzonderingen na volgens de basis- en laboratoriumvaardigheden.

Een verklaring voor bovengenoemde conclusies kan zoals Millar (2004) dat beschrijft, liggen in onduidelijke leerdoelen. Zijn de leerdoelen niet helder geformuleerd, dan is het voor de student niet duidelijk wat er van hem of haar verwacht wordt en bestaat het risico dat de beoogde leeropbrengsten niet bereikt worden. Een tweede verklaring kan liggen in de houding van studenten. Een gebrek aan motivatie lijkt het bereiken van de beoogde leeropbrengsten in de weg te staan. Een derde verklaring voor het niet bereiken van de beoogde leeropbrengsten kan liggen in de mate van voorbereiding. Als een student de handleiding niet volledig leest en zich niet goed voorbereidt, dan bestaat de kans dat hij of zij niet bereikt wat de docent voor ogen heeft of de handleiding voorschrijft. Uit het aantal organisatorische en bevestigende vragen tijdens met name het eerstejaarspracticum duidt erop dat studenten onvoldoende zijn voorbereid en dat de docent onnodig veel tijd kwijt is aan het beantwoorden van vragen die de student vooraf zelf al had kunnen beantwoorden. Over de mate van voorbereiding wordt bij deelvraag vier verder op in gegaan. De beschikbare tijd voor een practicumtaak en groeps grootte kan ook een rol spelen in het niet bereiken van de beoogde leeropbrengsten. Hoe minder tijd er voor een practicumtaak beschikbaar is en hoe groter de groep, des te lastiger het voor de docent wordt elke student voldoende te begeleiden en te sturen op het behalen van de beoogde leeropbrengsten.

In hoeverre is de vormgeving van de practicumleeromgeving in overeenstemming met wat bekend is over effectieve practicumleeromgevingen?

Uit de documentanalyse en observaties blijkt dat de vormgeving en uitvoering van de onderzochte practica niet volledig in overeenstemming zijn met wat in de literatuur beschreven is over effectieve practicumleeromgevingen (Millar et al., 1999; Millar, 2004; Hofstein & Lunetta, 2004; Abrahams & Millar, 2008 en Abrahams & Reiss, 2012). Net als in het onderzoek van Abrahams & Millar (2008) waren de practica met name effectief in het domein van de waarnemingen en minder effectief in het domein van ideeën. Tweedejaarsstudenten scoorden in het domein van ideeën beter dan eerstejaarsstudenten. Eerstejaarsstudenten bleven steken op procesniveau, het cognitieve niveau werd in zowel het domein van de waarnemingen alsook in het domein van de ideeën niet bereikt. Tweedejaarsstudenten beheersten het domein van waarnemingen zowel op procesniveau als ook op cognitief niveau, wat aangeeft dat de practicumtaak voor het domein van waarnemingen effectief is gebleken en derhalve voldoet aan een effectieve practicumleeromgeving. In het domein van ideeën wordt het cognitieve niveau bij deze groep studenten nog niet bereikt.

Dit impliceert dat de practicumleeromgeving op het gebied van het nadenken over ideeën niet voldoet aan een effectieve practicumleeromgeving.

Een oorzaak voor de deze implicatie ligt in de voorbereiding en motivatie van de student. Het zou kunnen dat studenten het cognitieve niveau niet bereiken, omdat zij het practicum niet goed hebben voorbereid of onvoldoende gemotiveerd zijn om na te denken over de achterliggende theorie en zich in te zetten de practicumtaak goed uit te voeren. Hierbij moet de kanttekening geplaatst worden dat motivatie in dit onderzoek niet als kenmerk van een effectieve practicumleeromgeving is onderzocht.

Ook de documentanalyse laat zien dat de practicumleeromgeving niet volledig in overeenstemming is met wat in de literatuur beschreven is over effectieve practicumleeromgevingen. Zo bleek dat de practicumtaken niet expliciet inspeelden op het helpen van studenten in het maken van de juiste koppelingen tussen theorie en praktijk. De observaties lieten zien dat docenten wel gebruik maakten van interactieve scaffolding om studenten te helpen met het maken van de juiste koppelingen. De ideeën waarvan men wil dat studenten ermee spelen moeten aangereikt worden. Dit kan door gebruik te maken van geplande scaffolding. Daarnaast moet de docent ook geholpen worden met het differentiëren tussen de verschillende practicumtaken. Wanneer is wat nodig? Het gebruikte observatiemodel kan de docent helpen in het ontwerpen van een practicumtaak waarbij de kenmerken bepalend voor de effectiviteit van de practica op de juiste wijze worden toegepast en in voldoende mate aanwezig zijn (Abrahams & Millar, 2008). Kortom differentiëren naar type practicum, toepassen van scaffolding en het stimuleren van redeneren (Abrahams & Millar, 2008). Verder bleek uit de documentanalyse dat de leerdoelen bij het eerstejaarspracticum niet bij de practicumtaken beschreven werden en bij het tweedejaarspracticum niet bij alle practicumtaken. Bij de practica zijn dus geen heldere leerdoelen geformuleerd en dus niet in overeenstemming met een van de kenmerken van een effectieve practicumleeromgeving.

In beide practicumleeromgevingen zijn de practicumtaken in kookboekstijl geschreven, dit maakt het gebruiken van materiaal en het manipuleren van objecten zoals de docent bedoeld heeft voor de student op het procesniveau gemakkelijk. Het bereiken van het cognitieve niveau in het domein van de waarnemingen wordt hiermee echter niet gestimuleerd en de student wordt binnen het domein van ideeën niet aangezet tot het nadenken over de taak door gebruik te maken van de ideeën en natuurwetenschappelijke woordenschat zoals de docent dat bedoeld heeft.

Door de minimale inleiding en theoretisch kader bij de practicumtaken worden studenten in beide practicumleeromgevingen niet aangezet de koppeling tussen de theorie en de praktijk te maken. Er wordt niet ingespeeld op de ontwikkeling van theorie om de practica beter te kunnen doorgronden (Osborne, 1993). Studenten zijn nu veelal bezig met het manipuleren van objecten en laboratoriumapparatuur in plaats van met het ontwikkelen van natuurwetenschappelijke kennis.

In hoeverre is de studentperceptie van de practicumleeromgeving in overeenstemming met de bedoelde perceptie volgens docenten en volgens practicuminstructie?

Een van de kenmerken bepalend voor effectieve practica is dat de beeldvorming of perceptie van studenten en docenten op één lijn moeten liggen omdat docenten zo een betere inschatting kunnen maken over wat zij met een practicum bij de studenten willen en kunnen bereiken. Deze beeldvorming is geoperationaliseerd in vijf kenmerken: Student Cohesie, Openheid Practica, Integratie Theorie, Regelhelderheid en Materiaal en Omgeving. Ten aanzien van Student Cohesie ervaren docenten een hogere mate van Student Cohesie dan de eerstejaarsstudenten. Ten aanzien van Openheid Practica ervaren tweedejaarsstudenten meer openheid binnen de practica dan docenten. Ten aanzien van de overige kenmerken zijn geen verschillen gevonden.

Het verschil ten aanzien van Student Cohesie zou verklaard kunnen worden door het moment van afname van de vragenlijst. De vragenlijst is eind december afgenomen. Studenten kennen elkaar nog niet zo lang en weten nog niet goed wat ze aan elkaar hebben en van elkaar mogen verwachten. Ook vinden in deze periode nog veel verschuivingen plaats doordat studenten vroegtijdig stoppen met de opleiding. Hierdoor wordt groepsvorming belemmerd. Docenten zien dit patroon jaarlijks terugkomen en ervaren wat zij binnen deze studentengroep zien niet als alarmerend, het komt wel goed. Dit blijkt ook uit de perceptie op dit kenmerk van de tweedejaarsstudenten, deze is nagenoeg gelijk aan die van de docenten, ook zij ervaren een hoge mate van Student Cohesie.

Het verschil ten aanzien van Openheid Practica zou verklaard kunnen worden doordat de practicumtaken volgens kookboekreceptuur zijn opgesteld, waardoor de mogelijkheid om eigen onderzoek vorm te geven en het nastreven van individuele interesses volgens docenten wordt beperkt. Dat studenten hier anders tegen aankijken kan voortkomen uit het gevoel wel de eigen individuele interesses na te streven en zij, zoals uit de observaties bleek, door de docent in staat worden gesteld op eigen wijze de benodigde natuurwetenschappelijke kennis te construeren en te vergroten.

Het verschil zou ook kunnen komen omdat studenten zich (nog) geen duidelijk beeld kunnen vormen van de verschillende typen practica die hen worden aangeboden. Docenten vinden de practica namelijk zelden tot soms open van karakter terwijl studenten de practica als meer open ervaren. Het gevonden resultaat is opmerkelijk omdat de verwachting is dat tweedejaarsstudenten meer kennis zouden moeten hebben van de verschillende typen practica en karakteristieken die daarbij horen. Wordt gekeken naar de gemiddelde scores op dit item (respectievelijk 2.87, 3.18 en 2.50) dan valt op te merken dat ook eerstejaarsstudenten de practica als meer open ervaren, echter het verschil tussen de perceptie op dit item met docenten is niet significant.

In hoeverre zijn de voorbereiding en voorkennis van studenten bij aanvang van de practica passend om effectief te leren binnen de practicumleeromgeving?

Goede voorbereiding en voorkennis zijn belangrijk om de practicumtaken goed uit te kunnen voeren en de cognitieve load bij de practica te verlagen. Ook dragen beide aspecten bij aan het behalen van de eerder benoemde leeropbrengsten. Analyse van de resultaten van de vragenlijst laat zien dat studenten van mening zijn zich soms tot vaak goed voor te bereiden op de practica, docenten vinden dit zelden het geval. Eerstejaarsstudenten zijn van mening zich goed voor te bereiden. Tweedejaarsstudenten zijn wat voorzichtiger in hun uitspraak. De afgenomen testjes bij aanvang van het practicum laten zien dat eerstejaarsstudenten het practicum onvoldoende voorbereiden. Ook tweedejaarsstudenten bereiden zich onvoldoende voor maar scoren beter dan de eerstejaarsstudenten. De vragenlijst laat zien dat studenten en docenten vinden dat de studenten over voldoende voorkennis beschikken. Het afgenomen testje bij eerstejaarsstudenten laat zien dat voorkennis aanwezig is. Analyse van de eindproducten laat echter zien dat studenten de aanwezige voorkennis of opgedane kennis niet voldoende beheersen. De afgenomen test laat bij tweedejaarsstudenten zien dat de voorkennis niet werd geactiveerd en studenten niet in staat lijken hetgeen zij in het eerste studiejaar geleerd hebben te reproduceren.

Een verklaring voor het onvoldoende voorbereiden van de practica is dat door docenten onvoldoende wordt ingespeeld op het stimuleren van het voorbereiden van de practicumtaak een van de kenmerken bepalend voor een effectieve practicumleeromgeving. Het verschil tussen de aanwezige voorkennis gemeten met de afgenomen test en de bevindingen op basis van de eindproducten kan verklaard worden doordat de vragen gesteld in het testje minder diepgang bevatte dan in de eindproducten van de studenten verwacht werd of dat de vragen niet goed gesteld zijn waardoor zij niet de reeds aanwezige voorkennis toetsen. Een tweede verklaring voor het achterblijven of activeren van de voorkennis kan zijn dat de practicumleerlijn onvoldoende inspeelt op het activeren van reeds aanwezige voorkennis, studenten zichzelf overschatten of zich onvoldoende op de practicumtaak voorbereiden zodat aanwezige voorkennis niet geactiveerd wordt. Met name voor het tweedejaarspracticum lijkt de practicumleerlijn voldoende in te spelen op het activeren van aanwezige voorkennis, de uitvoering in de praktijk laat te wensen over.

Bij het eerstejaarspracticum is uit het geanalyseerde materiaal niet op te maken of er voldoende wordt ingespeeld op het activeren van reeds aanwezige voorkennis. Dit zou ondervangen kunnen worden door meer formatief te toetsen tijdens de practica.

Het ontbreken of niet activeren van voorkennis kan cognitieve overload in de hand werken en vormt daarom een risico voor de effectiviteit van de practicumleertaak, immers zoals Osborne (1993) ook al aangaf is het belangrijk dat studenten niet alleen bezig zijn met het manipuleren van objecten en laboratoriumapparatuur maar zich ook bezig kunnen houden met het ontwikkelen van natuurwetenschappelijke kennis. Het is daarom belangrijk binnen de practicumleerlijn ruimte te bieden voor meer vergelijkbare practicumtaken zodat de student in de gelegenheid wordt gesteld de laboratoriumvaardigheden veelvuldig te oefenen en teneinde cognitieve overload te voorkomen herhaaldelijk in de gelegenheid wordt gesteld te komen tot het construeren van conceptuele kennis.

De practicumleerlijn speelt niet in op verschillende instap- en cognitieve niveaus, een kenmerk van een effectieve practicumleeromgeving, studenten voeren allen dezelfde practicumtaken uit ongeacht het instap- en cognitieve niveau. Door hier wel op in te spelen kan een eventuele cognitieve overload bij studenten door gebrek aan voorkennis worden voorkomen (Dryfus, 1986). Uit de resultaten blijkt dat de instapniveaus van de meeste studenten niet veel van elkaar verschillen, de meeste studenten zijn vanaf de havo gestart met de lerarenopleiding biologie. Binnen de practicumleerlijn van de opleiding wordt uitgegaan van voorkennis op havo niveau. De meeste studenten zouden dus over de juist voorkennis moeten beschikken om de practicumtaken binnen de practicumleerlijn effectief uit te voeren.

Is er ontwikkeling in het niveau van vaardigheden en conceptuele kennis in de loop van de opleiding?

Het niveau van vaardigheden en conceptuele kennis neemt in de loop van de opleiding toe. Dit blijkt met name uit de uitgevoerde observaties. Eerstejaarsstudenten beheersen nog in onvoldoende mate de basis- en laboratoriumvaardigheden. In het domein van waarnemingen komen studenten niet verder dan het procesniveau. In het domein van ideeën komen eerstejaarsstudenten met behulp van de docent aan de hand van interactieve scaffolding niet tot het redeneren over conceptuele vraagstukken. Ook het procesniveau binnen het domein van ideeën wordt bij deze studenten slechts door een enkele student bereikt. Tweedejaarsstudenten laten zien de basis- en laboratoriumvaardigheden beter dan eerstejaarsstudenten te beheersen. Hoewel ook tweedejaarsstudenten nog regelmatig organisatorische vragen stellen valt op dat zij veel meer dan eerstejaarsstudenten vragen stellen binnen het thema theorie en interpretatie. Deze studenten laten tijdens het uitvoeren van de practicumtaak zien dat zij binnen het domein van ideeën redeneren over conceptuele vraagstukken. Dit lukt wanneer de docent aan de hand van interactieve scaffolding de studenten meeneemt in het redeneren over en begrijpen van hun data en deze te verbinden aan bestaande natuurwetenschappelijke theorieën.

In welke mate vormt de practicumleerlijn van de lerarenopleiding biologie een effectieve practicumleeromgeving?

Nu de deelvragen beantwoord zijn volgt het antwoord op de centrale vraag van het onderzoek. Er kan gesteld worden dat de practicumleerlijn van de lerarenopleiding Biologie elementen van een effectieve practicumleeromgeving bevat, maar nog niet volledig in overeenstemming is met wat er over effectieve practicumleeromgevingen bekend is. Dit is terug te zien in het leren van de student. Leerdoelen zijn in veel gevallen niet helder geformuleerd en ontbreken in de meeste gevallen bij de practicumtaken. De practicumtaken zijn beknopt beschreven, een theoretisch kader ontbreekt of is minimaal aanwezig. Er wordt bij het beschrijven van de uit te voeren werkzaamheden binnen practicumtaak hoofdzakelijk gebruik gemaakt van kookboekreceptuur. Geplande scaffolding ontbreekt, binnen de cursussen voert de student veel verschillende practicumtaken eenmalig uit en wordt er weinig tot geen onderscheid gemaakt tussen de verschillende cognitieve- en vaardigheidsniveaus van de studenten.

Zoals bij de deelvragen ook al is opgemerkt kwam uit dit onderzoek naar voren dat een gebrek aan motivatie de effectiviteit van practica in de weg staat, m.a.w. de studenten leren niet wat de docent bedoeld heeft (Bandura, 1986; Abrahams, 2009). Motivatie kan in dit verband gezien worden als een kenmerk bepalend voor de effectiviteit van practica en moet niet gezien worden als werkvorm studenten te motiveren, daarin zijn zij niet effectief gebleken (Abrahams, 2009). Wanneer motivatie gezien wordt als kenmerk bepalend voor de effectiviteit van practica kan de docent beter inspelen op het stimuleren van de motivatie van studenten en daarmee de effectiviteit verhogen.

De rol van de docent is belangrijk in het stimuleren van de denkactiviteiten, de motivatie, koppeling aan de theorie en koppeling aan andere practica. Om deze rol goed te kunnen vervullen is voldoende tijd voor het uitvoeren en begeleiden van de practica nodig.

5. Beperkingen van het onderzoek, aanbevelingen en vervolgonderzoek

Beperkingen van het onderzoek

Dit onderzoek geeft inzicht in welke mate de kenmerken bepalend voor een effectieve practicumleeromgeving binnen de practicumleerlijn aanwezig zijn en biedt aanknopingspunten voor verbetering. Hierbij moet de kanttekening geplaatst worden dat het uitgevoerde onderzoek een exploratief onderzoek omvatte, de onderzochte populatie erg klein was en er slechts twee practica onder de loep zijn genomen. Ook is de populatiegrootte tijdens het onderzoek afgenomen door ziekte van studenten of het voortijdig verlaten van de opleiding. Daarnaast is het de vraag of de gebruikte vragentypologie voldoende onderscheidend was voor het typen vragen die door de studenten gesteld werden en of de vragen van de afgenomen testjes afdoende de voorbereiding en voorkennis toetsten.

De resultaten kunnen dus niet zonder meer gegeneraliseerd worden en vervolgonderzoek is nodig om zicht te krijgen op de effectiviteit van de gehele practicumleerlijn.

Aanbevelingen en vervolgonderzoek

Om de effectiviteit van de practicumleerlijn te verhogen is het aan te bevelen bij de verschillende cursussen binnen de practicumleerlijn specifieke leerdoelen voor het practicum op te nemen en te herijken volgens de nieuwe kennisbasis en de nieuwe wettelijke bekwaamheidseisen. Een heldere formulering van deze leerdoelen kan studenten meer houvast bieden en richting geven aan de uit te voeren practicumtaken. Verder is het aan te bevelen de leerdoelen voor de practicumtaken ook bij de practicumtaken te benoemen en het aantal te beperken. Ook kan de effectiviteit van de leerlijn verhoogd worden door in de geformuleerde leerdoelen ook de hogere niveaus van de taxonomie van Bloom te borgen en de moeilijkheidsgraad op te bouwen van laag naar hoog.

Om de effectiviteit van practica, met als doel het bevorderen van de ontwikkeling van conceptueel begrip, te verhogen kan door de docent en in het aangeboden materiaal meer aandacht besteed worden aan een hands-on en minds-on benadering en expliciet wordt aangegeven hoe studenten deze twee essentiële componenten moeten koppelen. Een strategie om dit te doen is studenten voor aanvang van het practicum de relevante natuurwetenschappelijke concepten bij te brengen (Abrahams & Reiss, 2012). Tijdens een dergelijk practicum is het noodzakelijk dat studenten geholpen worden niet alleen te doen wat de docent voor ogen heeft, maar ook even zo belangrijk na te denken over de eigen resultaten (Hofstein & Lunetta, 2004).

Het is verder aan te bevelen de practica minder kookboekachtig aan te bieden. Bij het vormgeven van de practicumleerlijn is het belangrijk goed na te denken over welk doel met het practicum bereikt moet worden. Voor het aanleren van vaardigheden zouden ook kookboekpractica een plaats moeten hebben in de practicumleerlijn van de lerarenopleiding biologie. Het is dan wel belangrijk dat hier een duidelijke instructie aan vooraf gaat.

Motivatie of het gebrek aan motivatie is in dit onderzoek niet onderzocht. Uit het onderzoek kwam wel naar voren dat een gebrek aan motivatie of onjuiste studiehouding van de student van invloed kan zijn op de effectiviteit van de practica. Wanneer motivatie gezien wordt al kenmerk bepalend voor de effectiviteit van practica is het aan te bevelen in een vervolgonderzoek de motivatie, met betrekking tot de practica, van de studenten in kaart te brengen. Dit zou gedaan kunnen worden aan de hand van een aangepaste versie van de “Science Motivation Quistionnaire” (Glynn, Taasoobshirazi & Brickman, 2009), zodat vervolgens hier ook op ingespeeld kan worden.

Om de kenmerken bepalend voor een effectieve practicumleeromgeving goed in te bedden in de huidige practicumleerlijn zou overwogen kunnen worden complexere practicumtaken, binnen de practicumleerlijn in te richten volgens het 4C/ID-model (Van Merriënboer & Kirschner, 2013). Dit model maakt het namelijk mogelijk op een gestructureerde en voor de student heldere manier complexere vaardigheden aan te leren.

Hierdoor worden compartimentalisatie, fragmentatie en cognitieve overload voorkomen en wordt de transfer bevorderd. Binnen dit model is er meer ruimte voor geplande scaffolding en kan makkelijker worden ingespeeld op de verschillende cognitieve- en vaardigheidsniveaus van studenten. Ook lenen enkele aspecten uit dit model zich goed voor bijvoorbeeld het aanleren van de basis- en laboratoriumvaardigheden.

Een mogelijk vervolgonderzoek zou uitgevoerd kunnen worden volgens de Educational Design Research (EDR) methode (Creswell, 2014). Deze methode van onderzoek maakt het namelijk mogelijk gedurende het onderzoek interventies te ontwikkelen, de practicumleerlijn aan te passen en tegelijkertijd de effectiviteit van de gedane interventies te onderzoeken. EDR is een iteratief proces waarbij het ontwikkelen van nieuw materiaal en interventies een belangrijke rol in neemt. Het is aan te bevelen in een vervolgonderzoek twee cohorten langdurig te volgen, op deze wijze wordt meer inzicht verkregen in de ontwikkeling van de studenten gedurende de opleiding en kan getoetst worden welke invloed de interventies hebben op de leerprestaties van de studenten. Daarnaast is het raadzaam per cursus de beeldvorming of perceptie van de practicumtaken in kaart te brengen. Dit heeft te maken met het verschillende karakter van de practicumtaken die binnen de practicumleerlijn worden aangeboden. De focus van dit onderzoek lag met name op de practica met een gesloten karakter, uitgevoerd in een laboratorium. Naast dit type practica bevat de leerlijn ook practica met een wat meer open karakter, veldwerk en practica bedoeld om het didactisch aspect van practica studenten aan te leren. Daarbij kan het nuttig zijn zowel te kijken naar de ervaren perceptie alsook de gewenste perceptie, zo kan nog beter worden ingespeeld op de behoefte van de student, waardoor de doelen die de docent voor ogen heeft ook gehaald kunnen worden.

Referenties

- Abrahams, I. (2009), Does Practical Work Really Motivate? A study of the affective value of practical work in secondary school science, *International Journal of Science Education*, 31, 2335-2353, doi: 10.1080/09500690802342836
- Abrahams, I. & Millar, R. (2008). Does practical work really work? A study of the effectiveness of practical work as teaching and learning method in school science. *International Journal of Science Education*, 30, 1945-1969, doi: 10.1080/09500690701749305
- Abrahams, I. & Reiss, M. J. (2012). Practical work: Its Effectiveness in Primary and Secondary Schools in England. *Journal of research in science teaching*, 49 1035-2055. doi: 10.1002/tea.21036
- Alderwegen-de Vries, A.P. van, Kapteijn, J.M. & Thijssen, G. (1988). *Practicum Biologie*. Groningen: Wolters-Noordhoff.
- Akinbobola A. O. (2015). Evaluating Science Laboratory Classroom Learning Environment in Osun state of Nigeria for National Development. *Global Journal of Human-Social Science (G) Linguistics & Education*, volume 15, Issue 1, Version 1. Verkregen van <https://socialscienceresearch.org/index.php/GJHSS/article/view/1439/1380>
- Baarda, B. (2017). *Basisboek methoden en technieken: Kwantitatief praktijkgericht onderzoek op wetenschappelijke basis* (Zesde druk ed.). Groningen: Noordhoff Uitgevers.
- Baarda, D. B., de Goede, M. P. M. & Teunissen, J. (2009). *Basisboek kwalitatief onderzoek*. Groningen / Houten : Noordhoff Uitgevers.
- Bandura, A. (1986), *Social foundations of thought and action: A social cognitive theory*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Chandler, P. & Sweller, J. (1991). Cognitive load theory and the format of instruction. *Cognition and Instruction*, 8(4), 293-332.
- Clackson, S. G. & Wright, D. K. (1992) An appraisal of practical work in science education. In Abrahams, I. & Reiss, M. J. (2012). Practical work: Its Effectiveness in Primary and Secondary Schools in England. *Journal of research in science teaching*, 49 1035-2055.
- Creswell, J. W. (2014). *Educational research: Planning, conducting, and evaluating quantitative and qualitative research*. Harlow: Pearson.
- Dreyfus, A. (1986). Manipulating and diversifying the levels of difficulty and task sophistication of one and the same laboratory exercise. *European Journal of Science Education*, 8, 17-26.
- Ferreira, S. & Morias, A. N. (2018). Practical Work in Science Education: Study of Different Contexts of Pedagogic Practice. *Research Science Education*. <http://dx.doi.org/10.1007/s11165-018-9743-6>
- Fraser, B. J., McRobbie, C. J. & Giddings, G. J. (1993). Development and cross-national validation of a laboratory classroom instrument for senior high school students, *Science Education*, 1-24.

- Fraser, B. J. & Lee, S.U. (2008). Science laboratory classroom environments in Korean high schools, *Learning Environment Research*, 12, 67-84. doi: 10.1007/s10984-008-9048-1
- Field, A. (2014). *Discovering statistics using IBM SPSS Statistics: and sex and drugs and rock 'n' roll*, 4th edition. Sage, London.
- Glynn, S.M., Taasobshirazi, G., Brickman, P. (2009), Science Motivation Questionnaire: Construct Validation With Nonscience Majors. *Journal of Research in Science Teaching*, 46, 127-146.
- Haslam, C. Y. & Hamilton, R. J. (2009). Investigating the use of Integrated Instructions to reduce the Cognitive Load Associated with Doing Practical Work in Secondary School Science. *International Journal of Science Education*, 32, 1715-1737. doi: 10.1080/09500690903183741
- Hodson, D. (1991). Practical work in science: Time for reappraisal. *Studies in Science Education*, 19, 175-184.
- Hodson, D. (1993). Re-thinking old ways: Towards a more critical approach to practical work in school science. *Studies in Science Education*, 22, 85-142.
- Hofstein, A., & Lunetta, V. N. (1982). The role of the laboratory in science teaching: Neglected aspects of research. *Review of Educational Research*, 52(2), 201-217.
- Hofstein, A., & Lunetta, V. N. (2004). The Laboratory in Science Education: Foundations for the Twenty-First Century. *Science Education*, 88(1), 28-54. <http://dx.doi.org/10.1002/sce.10106>
- Hofstein, A., Mamlok-Naaman, R. (2011). High-school Students' attitudes toward and interest in learning Chemistry, *Educacion Quimica*, 22, 90-102. Mexico: Universidad Nacional Autonoma de Mexico. doi: 10.1016/S0187-893X(18)30121-6
- Hofstein A., Cohen I. & Lazarowitz R. (1996). The Learning Environment of High School Students in Chemistry and Biology Laboratories, *Research in Science & Technological Education*, 14:1, 103-116.
- Kipnis, M. & Hofstein, A. (2007). The Inquiry Laboratory as a Source for Development of Metacognitive Skills. *International Journal of Science and Mathematics Education*, v6 n3 p601-627.
- Luketic, C. D. & Dolan, E. L. (2013). Factors influencing student perceptions of high-school science laboratory environments, *Learn Environ Res*, 16:37-47. doi: [10.1007/s10984-012-9107-5](https://doi.org/10.1007/s10984-012-9107-5)
- Millar, R. (2004). The Role of Practical Work in the Teaching and Learning of Science. *Paper prepared for the Committee: High School Science Laboratories: Role and Vision, National Academy of Sciences*, Washington DC. York: University of York. Verkregen van https://sites.nationalacademies.org/cs/groups/dbassesite/documents/webpage/dbasse_073330.pdf
- Millar, R., Le Marechal, J. F. & Tiberghien, A. (1999). 'Mapping' the domain: Varieties of practical work. In J. Leach & A. Paulsen (Eds.), *Practical work in science education—Recent research studies* (pp. 33–59). Roskilde/Dordrecht, The Netherlands: Roskilde University Press/Kluwer.
- Ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap (OCW) (2016). *Handreiking pilots flexibilisering hoger onderwijs*. Geraadpleegd op 7 februari 2018 van

<https://www.rijksoverheid.nl/documenten/richtlijnen/2016/11/25/handreiking-pilots-flexibilisering-hoger-onderwijs>

Ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap (OCW) (2014). *Discussienotitie HO-tour: Digitalisering & flexibilisering*. Geraadpleegd op 7 februari 2018 van

<https://www.rijksoverheid.nl/documenten/brochures/2014/12/19/discussienotitie-regio-midden>

Montessori, N. (1998). Leren leren: Enkele kanttekeningen uit de praktijk. *Levende Talen Magazine*. Geraadpleegd op 8 februari 2018 van: <http://www.lt-tijdschriften.nl/ojs/index.php/ltm/article/view/1012/982>

Osborne, J. (1993). Alternatives to practical work. *School Science Review*, 75 (271), 117-123.

Pollock, E., Chandler, P. & Sweller, J. (2002). Assimilating complex information. *Learning and Instruction*, 12, 61-86.

Toplis, R. (2011). Student's Views About Secondary School Science Lessons: The Role of Practical Work. *Research in Science Education* 42, 531-549. doi: 10.1007/s11165-011-9209-6

Van den Berg, E. & Bunning, J. (1994). Practicum: leren ze er wat van? *NVOX*, 19(6), p245 – 249.

Van Merriënboer, J.G. & Kirschner, P.A. (2013). *Ten Steps to Complex Learning: A systematic approach to four-component instructional design*. New York: Routledge.

Van de Sande, R. (2016). *Hoe effectief zijn practica?* Geraadpleegd op 5 februari 2018 van <https://www.betadidactiek.nl/?p=749>.

Wellington, J. (1998). Practical work in science. Time for reappraisal. In J. Wellington (Ed.), *Practical work in school science: Which way now?* 3-15. London: Routledge.

Wong, A.F.L. & Fraser, B.J. (1994). Science laboratory classroom environments and student attitudes in chemistry classes in Singapore. *Paper presented at annual meeting of the American Educational Research Association*, New Orleans, LA. Verkregen van <https://eric.ed.gov/?id=ED404131>.

Bijlagen

Bijlage 1 Observatieformulier

Datum observatie

Naam observator

Video opnames

Audio opnames

Retrospectieve observatie mogelijk

Onderwerp practicum

Aantal studenten aanwezig

Aantal docenten aanwezig

Leerjaar

Opvallende zaken

Observatietabel 1

Een taak is effectief als	Waarnemingen (domein 1)	Ideeën (domein 2)
Niveau 1 (proces)	Studenten manipuleren en maken gebruik van het materiaal en de apparatuur zoals de docent dat bedoeld heeft.	Studenten kunnen over de taak nadenken door gebruik te maken van de ideeën en natuurwetenschappelijke woordenschat zoals de docent dat bedoeld heeft.
Niveau 2 (cognitief)	Studenten herkennen patronen in de door hen geobserveerde data, kunnen deze beschrijven, kunnen de procedure beschrijven, een nieuwe opzet bedenken en vergelijkbaar materiaal en apparatuur manipuleren en gebruiken.	Studenten begrijpen de door hen geobserveerde data door deze te verbinden aan de bestaande natuurwetenschappelijke theorieën. Waarbij zij gebruik maken van de ideeën en natuurwetenschappelijke woordenschat zoals de docent dat bedoeld heeft.

Observatietabel 2**Bron: Millar et al. (1999)**

Wat wordt van studenten verwacht te doen met objecten en waarnemingen		Bron van de data door studenten verkregen			
		In laboratorium	Veldwerk	Video	Computer of internet
Gebruik maken van	Observatie of meet instrument				
	Laboratoriumapparatuur of opstelling				
	Laboratoriumprocedure				
Voorleggen of tonen	Een object				
Maken	Een object				
	Een materiaal				
	Een event laten gebeuren				
Observeren van	Een object				
	Een materiaal				
	Een event				
	Een kwantiteit				
Wat wordt van studenten verwacht te doen met ideeën		Gereedschappen gebruikt om informatie te verwerken			
		Handmatig	Rekenmachine	computer	
Rapportage observaties					
Identificeren of herkennen van een patroon					
Verkennen van relatie tussen	objecten				
	Fysieke hoeveelheden (variabelen)				
	Objecten en fysieke hoeveelheden				
"uitvinden" of "ontdekken"					
Vaststellen van een waarde					
Voorspelling toetsen	Van een gissing				
	Van een wet				
	Van een theorie (of model)				
Verantwoorden van observaties	Op basis van een gegeven verklaring				
	Het maken van een keuze tussen twee of meer gegeven verklaringen				
	Door een verklaring voor te stellen				
Object of idee gestuurd?					
Wat studenten met ideeën zouden moeten doen komt voort uit wat zij met de objecten zouden moeten doen					

Wat studenten met objecten zouden moeten doen komt voort uit wat zij met de ideeën zouden moeten doen		
Er is geen duidelijke relatie tussen wat studenten met de objecten en ideeën zouden moeten doen		
Mate van openheid practica		
Aspecten van de practicumopdracht	Gespecificeerd door de docent	Bepaald aan de hand van discussie tussen docent en student
De te beantwoorden vraag		
Materiaal wat gebruikt moet worden		
De te volgen procedure		
Methode hoe data wordt verzameld		
Interpretatie van de resultaten		
Manier waarop studenten betrokken zijn bij practicumactiviteiten		
Demonstratie door de docent, studenten observeren		
Demonstratie door de docent, studenten observeren en assisteren gericht (uitvoeren observaties of metingen)		
Studenten voeren zelf uit in kleine groepen		
Studenten voeren zelf individueel uit		
Tijdsduur		
Erg kort (20 min)		
Kort 1 les (80 min)		
Gemiddeld 2-3 lessen (160 – 240 min)		
Lang (2 weken of meer)		
Mensen met wie studenten interactie hebben		
Andere studenten die dezelfde taak uitvoeren		
Andere studenten die de taak al hebben uitgevoerd		
De docent		
Studenten die al verder gevorderd zijn		
Anderen (technici, onderwijsassistent)		
Informatie die studenten over de taak krijgen		
Mondelinge instructie		
Instructies via bord		
Een begeleidend werkblad		
Tekstboeken		
Anders (handleidingen, databases etc)		
Type apparatuur betrokken bij practica		
Demonstratie door de docent, studenten observeren		
Standaard laboratoriummateriaal		
Standaard laboratoriummateriaal + interface op computer		

Alledaagse materialen (keukenweegschaal en huis tuin en keuken materiaal)	
Aard van rapportage door student	
Geen geschreven notities	
Notities – labjournaal	
Ingevuld werkblad	
Verslag volgens gegeven format	
Doel van rapportage door student	
Om studenten te ondersteunen in het leren van natuurwetenschappelijke content of proces	
Om te bewijzen dat de taak is uitgevoerd	
Als basis om prestaties van studenten te beoordelen	
Een naslagwerk te gebruiken voor het leren van toetsen	
Om studenten te leren hoe een wetenschappelijk verslag geschreven moet worden	
Publiek voor rapportage student	
De student zelf	
De docent	
Andere studenten	
anders	

Bijlage 2 Beoordelingsformulier eindproducten

Naam student _____

Eindproduct Dossier Chemie van het Leven

College jaar _____

Eindcijfer _____

Beoordelingscriteria

Onderdeel	Ja	nee	opmerking
Laat de student in de verslaglegging zien dat hij of zij de theorie kan koppelen aan de praktijk			
Gaat de inleiding in het verslag verder dan de practicumhandleiding, m.a.w. zit er verdieping in de inleiding en laat de student hier zien de theorie behorende bij het practicum te beheersen?			
Maakt de student in het verslag een heldere koppeling tussen theorie en praktijk			
Maakt de student gebruik van meerdere bronnen			
Is de methode in eigen woorden beschreven			
Zijn de resultaten netjes en duidelijk verwerkt in tabellen en grafieken			
Is de discussie en conclusie helder geschreven			
Koppelt student de theorie aan de gevonden resultaten			
Koppelt student de verachting aan de conclusie op basis van de gevonden resultaten			
Is voldaan aan de leeropbrengst of doel het schrijven van een natuurwetenschappelijk verslag?			
Zijn uitgevoerde berekeningen correct?			
Worden eventuele veiligheidsmaatregelen door de student beschreven?			
Laat de student enige begripsontwikkeling in de verslaglegging zien			
Geeft student een beargumenteerde conclusie/discussie			
Laat eindproduct de juiste verwerking van de practica, zoals deze bij de verschillende practicumopdrachten staan beschreven, zien?			

Opvallende zaken

Bijlage 3 Vragenlijst (SLEI)

Algemene vragen

Van de vragenlijst waren er twee versies 1 voor de docenten en 1 voor de studenten. Eerst werden een aantal algemene vragen gesteld.

Ik ben Man
Vrouw

Student

Ik ben jaar oud

Ik zit in studiejaar

Mijn hoogst afgeronde opleiding is

VMBO

HAVO

VWO

MBO

Anders

Docent

Ik ben in dienst bij de HU sinds

Ik ben docent sinds

Vorbereiding en voorkennis

- 1 Ik bereid mijn practica altijd goed voor
2 Ik beschik over de juiste voorkennis nodig voor de practica

Gerealiseerde practicumleeromgeving*

Deze vragenlijst bevat beweringen over situaties die tijdens het practicum plaats kunnen vinden. Jouw wordt gevraagd in welke mate de situatie ook daadwerkelijk voorkomt. Er zijn geen goede of foute antwoorden te geven, jouw mening is wat we willen weten.

* Docenten kregen dezelfde vragenlijst voorgelegd, met de uitleg deze met de student in het achterhoofd te beantwoorden.

Bedenk goed hoe elke bewering het beste beschrijft hoe de situatie tijdens het practicum **daadwerkelijk** plaatsvindt.

- 1 Bijna nooit
- 2 Zelden
- 3 Soms
- 4 Vaak
- 5 Erg vaak

Geef antwoord op elke vraag. Sommige beweringen in deze vragenlijst lijken op elkaar, maak je daar geen zorgen over. Geef gewoon jouw mening over alle beweringen.

Vragenlijst

Geef antwoord op elke vraag. Sommige beweringen in deze vragenlijst lijken op elkaar, maak je daar geen zorgen over. Geef gewoon jouw mening over alle beweringen.

- 1 Studenten deelnemend aan het practicum gaan goed met elkaar om als groep
- 2 Studenten hebben tijdens het practicum de mogelijkheid hun eigen natuurwetenschappelijke interesse na te streven
- 3 Wat wij doen in de theorieles heeft geen betrekking op wat wij doen tijdens het practicum
- 4 Tijdens het practicum worden duidelijke regels gehanteerd om de opdrachten te doorlopen
- 5 Het is erg druk in het practicumlokaal als wij het practicum uitvoeren
- 6 Studenten hebben weinig kans elkaar te leren kennen tijdens de practicumles
- 7 Tijdens het practicum zijn wij verplicht zelf onze experimenten te ontwerpen (vorm te geven) om het gegeven probleem op te lossen
- 8 Het practicum is niet gekoppeld aan de onderwerpen die wij leren in de theorieles
- 9 Het practicum is vrij informeel en er worden weinig regels opgelegd
- 10 De apparatuur en het practicummateriaal nodig om het practicum uit te voeren is dadelijk beschikbaar
- 11 Deelnemers aan het practicum helpen elkaar
- 12 Tijdens de practica wordt door verschillende studenten verschillende data verzameld voor hetzelfde probleem
- 13 Wat wij leren in de theorieles is geïntegreerd in de practicumactiviteiten
- 14 Van studenten wordt verwacht dat zij vaste regels volgen in het practicumlokaal
- 15 Studenten schamen zich over de staat van het practicumlokaal
- 16 Studenten deelnemend aan het practicum leren elkaar goed kennen
- 17 Studenten mogen verder gaan dan de reguliere practicumopdrachten en eigen experimenten uitvoeren
- 18 We maken gebruik van de theorie uit de theorieles tijdens de practica
- 19 Er is een erkende manier om dingen veilig in het practicumlokaal uit te voeren
- 20 Het practicummateriaal is in slechte staat
- 21 Tijdens de practica kunnen studenten zich afhankelijk op te stellen en zijn in staat elkaar te helpen
- 22 Tijdens de practica voeren verschillende studenten verschillende experimenten (opdrachten) uit
- 23 De onderwerpen tijdens de theorielessen verschillen van de onderwerpen tijdens de practica
- 24 Er zijn weinig vaste regels die studenten tijdens de practica moeten volgen
- 25 Het practicumlokaal is warm en stoffig
- 26 Het kost tijd alle deelnemers aan de practica bij zijn of haar voornaam te kennen
- 27 Tijdens de practica bepaald de docent of instructeur wat de beste manier is om de practicumopdrachten uit te voeren

- 28 Wat wij tijdens de practica doen helpt ons de theorie die tijdens de theorieles behandeld wordt te begrijpen
- 29 Voor de start van de practica schetst de docent of instructeur de veiligheidsmaatregelen
- 30 Het practicumlokaal is een aantrekkelijke plek om in te werken
- 31 Studenten werken samen tijdens de practicumopdrachten
- 32 Studenten bepalen tijdens de practica wat de beste werkwijze is om de practicumopdrachten uit te voeren
- 33 De practicumopdrachten en de theorielessen hebben geen betrekking op elkaar
- 34 Deze practica hebben duidelijkere regels dan andere lessen
- 35 Het practicumlokaal heeft genoeg ruimte om individueel of in groepen te werken

Scoren van de vragen

Items niet onderstreept worden positief gescoord met respectievelijk 1,2,3,4 en 5 voor de responses bijna nooit, zelden, soms, vaak en erg vaak. Onderstreepte items worden negatief (omgekeerd) gescoord (5,4,3,2,1). Weggelaten of ongeldige items worden gescoord met 3.

Beschrijvende informatie van verschillende schalen

De vragenlijst is opgesteld in clusters van 5 waarbij het eerste item in elk blok staat voor de student cohesie, de tweede de openheid van practica, integratie, regel duidelijkheid en matriaalomgeving. Tabel x geeft een beschrijving van elke schaal

Tabel x beschrijving van de verschillende schalen

Schaal	Categorie (dimensie)	Beschrijving	Voorbeeld item
Student cohesie	R	Beschrijft of studenten elkaar goed kennen, helpen en ondersteunen	Studenten deelnemend aan het practicum gaan goed met elkaar om als groep (+)
Openheid practica	P	Beschrijft in welke mate de practicumactiviteiten open van structuur zijn en een uiteenlopende benadering van experimenteren heeft	Tijdens de practica bepaald de docent of instructeur wat de beste manier is om de practicumopdrachten uit te voeren (-)
Integratie	P	Beschrijft in welke mate de practicumactiviteiten geïntegreerd zijn met de theorielessen	Wat wij leren in de theorieles is geïntegreerd in de practicumactiviteiten (+)
Regel duidelijkheid	S	Beschrijft het door formele regels begeleide gedrag in het practicumlokaal	Tijdens het practicum worden duidelijke regels gehanteerd om de opdrachten te doorlopen (+)
Materiaal omgeving	S	Beschrijft in welke mate apparatuur en materiaal adequaat is	Studenten schamen zich over de staat van het practicumlokaal (-)

Betekenis afkortingen dimensie: R = relatie tot elkaar (omgangsvormen), P = persoonlijke ontwikkeling, S = systeem onderhoud en systeemverandering

Bijlage 4 Testjes voorbereiding en voorkennis

Practicum plasmamembraan

Vraag 1

Hoeveel gram soda moet je afwegen om 50 mL soda-oplossing van 0,5% te maken?

Vraag 2

Je hebt minimaal 9 mL verdunde neutraalrood oplossing nodig. Hoeveel mL van de stockoplossing heb je nodig om de oplossing 5x te verdunnen.

Vraag 3

Welk typen stoffen worden door een celmembraan doorgelaten?

- a) polaire stoffen
- b) suikers
- c) apolaire stoffen

Vraag 4

Wat is in deze proef de functie van het neutraalrood?

Practicum Nier en Osmose

Vraag 1

In welke vier stappen kan je het excretieproces onderverdelen?

Vraag 2

In welke twee delen kan je de nier onderverdelen en wat is het belangrijkste verschil anatomisch gezien?

Vraag 3

Welke verwachting kan je formuleren bij opdracht 14 (practicum osmose)?

Vraag 4

Welke van de onderstaande moleculen kunnen door een semipermeabele membraan diffunderen?

- A NaCl
- B Aquadest
- C Ethanol
- D Ureum

Bijlage 5a Brief en toestemmingsverklaring student

Beste Student,

Practica spelen een belangrijke rol in het biologieonderwijs. Uit veel onderzoeken blijkt dat de beoogde leeropbrengsten niet bereikt worden. Om na te gaan hoe het binnen de practicumleerlijn van onze opleiding gesteld is met de effectiviteit van onze practica en om de kwaliteit van de practica te verbeteren wordt een onderzoek uitgevoerd naar kenmerken die bepalend zijn voor de effectiviteit van practica.

Wat merk jij als student van dit onderzoek?

Via deze brief wil ik je informeren over het onderzoek en wat jij als student merkt van dit onderzoek. Bij de uitvoering van dit onderzoek is het nodig dat een aantal gegevens van jouw worden verzameld, gebruikt en bewaard. Het gaat om gegevens zoals leeftijd, geslacht, hoogst afgeronde opleiding, observatiegegevens en gegevens uit jouw eindproducten van de cursus. Gebruik en bewaring van deze gegevens is nodig om de vraag “In welke mate vormt de practicumleerlijn van de lerarenopleiding biologie een effectieve leeromgeving?” te kunnen beantwoorden en de resultaten van het onderzoek op de juiste wijze te kunnen interpreteren. Er wordt gevraagd hiervoor toestemming te geven. Als je dat niet wilt dan kan je helaas niet deelnemen aan het onderzoek.

Observaties

Om meer inzicht te krijgen in het proces en de kenmerken bepalend voor de effectiviteit van practica worden tijdens een aantal practica observaties uitgevoerd. Deze observaties vinden plaats door de practicumlessen op te nemen op video en door audio-opnames te maken en de onderzoeker loopt rond om opvallende zaken te noteren.

Documentanalyse

Op jouw eindproducten wordt een analyse uitgevoerd om na te gaan of de beoogde leerdoelen behorende bij de practica behaald zijn.

Vragenlijst

Om inzicht te krijgen in hoe jij als student aankijkt tegen de practica wordt gevraagd eenmalig een vragenlijst in te vullen. Het invullen van deze vragenlijst heeft geen invloed op jouw beoordeling van de cursus. Er zijn geen goede of foute antwoorden te geven, wel is jouw mening voor het onderzoek en het verbeteren van de kwaliteit van de practica belangrijk.

Privacy en verwerking van jouw gegevens

Om de privacy van jou als student te waarborgen worden alle gegevens anoniem verwerkt zodat deze niet naar jou te herleiden zijn. Deze gegevens worden door de HU gedurende de wettelijk voorgeschreven termijn van 10 jaar bewaard. Je kan de toestemming voor de verwerking van jouw gegevens altijd weer intrekken, voor wat betreft dit onderzoek.

Voor meer informatie over de verwerking van de gegevens kan je contact opnemen met mij (de onderzoeker) die verantwoordelijk is voor de naleving van de regels en de verwerking van de gegevens. Je hebt verschillende rechten als het gaat om het verzamelen en verwerken van jouw gegevens. Wat deze rechten zijn, kan je vinden op <https://www.hu.nl/privacy>.

Wanneer je toestemming verleent kan je deze brief ondertekenen en aan mij de onderzoeker teruggeven. Verleen je geen toestemming dan zullen jouw gegevens niet voor het onderzoek gebruikt worden.

Meer informatie

Wil je meer informatie hebben over het onderzoek of ben je geïnteresseerd in de theoretische achtergrond van het onderzoek kan je een exemplaar van het onderzoeksvoorstel bij mij opvragen en kan je jouw vragen stellen, persoonlijk of via mijn e-mailadres (jeanine.vanluijn@hu.nl). Na afloop van het onderzoek zal een korte terugkoppeling plaatsvinden van de resultaten en wat wij kunnen doen om de kwaliteit van de practica te verbeteren.

Ik vertrouw erop jou via deze brief voldoende op de hoogte te hebben gesteld en wil jou alvast hartelijk danken voor jouw medewerking!

Met vriendelijke groet,

Jeanine van Luijn

Ik ben door de onderzoeker voldoende geïnformeerd en geef toestemming voor deelname aan het onderzoek en verwerking van mijn gegevens.

_____ Datum - - 20

Bijlage 5b Brief en toestemmingsverklaring docent

Beste Collega,

Practica spelen een belangrijke rol in het biologieonderwijs. Uit veel onderzoeken blijkt dat de beoogde leeropbrengsten niet bereikt worden. Om na te gaan hoe het binnen de practicumleerlijn van onze opleiding gesteld is met de effectiviteit van onze practica en om de kwaliteit van de practica te verbeteren wordt een onderzoek uitgevoerd naar kenmerken die bepalend zijn voor de effectiviteit van practica.

Wat merk jij als docent van dit onderzoek?

Via deze brief wil ik jou informeren over het onderzoek en wat jij als docent merkt van dit onderzoek. Bij de uitvoering van dit onderzoek is het nodig dat een aantal gegevens van jouw worden verzameld, gebruikt en bewaard. Het gaat om gegevens zoals leeftijd, geslacht, aantal jaren werkzaam in het onderwijs en de HU. Gebruik en bewaring van deze gegevens is nodig om de vraag “In welke mate vormt de practicumleerlijn van de lerarenopleiding biologie een effectieve leeromgeving?” te kunnen beantwoorden en de resultaten van het onderzoek op de juiste wijze te kunnen interpreteren. Er wordt jou gevraagd hiervoor toestemming te geven. Als je dat niet wilt dan kan je helaas niet deelnemen aan het onderzoek.

Observaties

Om meer inzicht te krijgen in het proces en de kenmerken bepalend voor de effectiviteit van practica worden tijdens een aantal practica observaties uitgevoerd. Deze observaties vinden plaats door de practicumlessen op te nemen op video en door audio-opnames te maken en de onderzoeker loopt rond om opvallende zaken te noteren.

Documentanalyse

Op de eindproducten van studenten wordt een analyse uitgevoerd om na te gaan of de beoogde leerdoelen behorende bij de practica behaald zijn. Daarnaast wordt een analyse uitgevoerd op de cursushandleidingen en bijbehorende informatie om na te gaan of onze practicumleerlijn voldoet aan wat er in de literatuur beschreven staat over kenmerken bepalend voor een effectieve practicumleeromgeving.

Vragenlijst

Om inzicht te krijgen in hoe jij als docent aankijkt tegen de practica en de rol van studenten daarin wordt gevraagd eenmalig een vragenlijst in te vullen. Er zijn geen goede of foute antwoorden te geven, wel is jouw mening voor het onderzoek en het verbeteren van de kwaliteit van de practica belangrijk.

Privacy en verwerking van jouw gegevens

Om de privacy van jou als docent te waarborgen worden alle gegevens anoniem verwerkt zodat deze niet naar jou te herleiden zijn. Deze gegevens worden door de HU gedurende de wettelijk voorgeschreven termijn van 10 jaar bewaard. Je kan de toestemming voor de verwerking van jouw gegevens altijd weer intrekken, voor wat betreft dit onderzoek.

Voor meer informatie over de verwerking van de gegevens kan je contact opnemen met mij (de onderzoeker) die verantwoordelijk is voor de naleving van de regels en de verwerking van de gegevens.

Je hebt verschillende rechten als het gaat om het verzamelen en verwerken van jouw gegevens. Wat deze rechten zijn, kan je vinden op <https://www.hu.nl/privacy>.

Wanneer je toestemming verleend kan je deze brief ondertekenen en aan mij de onderzoeker teruggeven. Verleen je geen toestemming dan zullen jouw gegevens niet voor het onderzoek gebruikt worden.

Meer informatie

Wil je meer informatie hebben over het onderzoek of ben je geïnteresseerd in de theoretische achtergrond van het onderzoek kan je een exemplaar van het onderzoeksvoorstel bij mij opvragen en kan je jouw vragen stellen, persoonlijk of via mijn e-mailadres (jeanine.vanluijn@hu.nl). Na afloop van het onderzoek zal een korte terugkoppeling plaatsvinden van de resultaten en wat wij kunnen doen om de kwaliteit van de practica te verbeteren.

Ik vertrouw erop jou via deze brief voldoende op de hoogte te hebben gesteld en wil jou alvast hartelijk danken voor jouw medewerking!

Met vriendelijke groet,

Jeanine van Luijn

Ik ben door de onderzoeker voldoende geïnformeerd en geef toestemming voor deelname aan het onderzoek en verwerking van mijn gegevens.

_____ Datum - - 20

Bijlage 6 Documentanalyse leerdoelen en overige belangrijke informatie

Leerdoelen Chemie van het leven

Deze cursus heeft de volgende leerdoelen:

- 1.3.1 de bouw van atomen en moleculen, typen chemische bindingen en de bouw van in de biologie belangrijke organische moleculen beschrijven en reactievergelijkingen opstellen en kloppend maken
- 1.3.2 concentraties berekenen en omrekenen met de eenheden mol, kg, l, ppm, m³ en massa- en volumepercentages en daarvan afgeleide eenheden
- 1.3.3 het begrip pH toelichten en de pH van een oplossing berekenen
- 1.3.4 uitleggen dat in chemische verbindingen energie en reducerend vermogen worden vastgelegd en dat deze kunnen worden overgedragen op andere verbindingen
- 1.3.5 uitleggen op welke wijze energie en reducerend vermogen worden vastgelegd en overgedragen in processen als fotosynthese en respiratie, organische moleculen worden gesynthetiseerd, getransporteerd en afgebroken en welke rol diverse stoffen spelen bij de celcyclus, celdifferentiatie en communicatie in en tussen cellen
- 1.3.6 verbanden herkennen tussen de bovenbeschreven kennis van de basischemie en complexe biologische verschijnselen
- 1.3.7 chemische experimenten zorgvuldig en veilig uitvoeren en hiervan een verslag volgens de natuurwetenschappelijke methode schrijven
- 1.3.8 veiligheidsregels voor werken met chemische stoffen en materialen benoemen en in een laboratorium en leslokaal hanteren
- 1.3.9 beargumenteren hoe complexe kennis over planten op HBO-niveau vertaald kan worden naar het onderwijsniveau in het 2^e graadsgebied.

Leerdoelen Humane fysiologie

Deze cursus heeft de volgende leerdoelen met betrekking tot de inhoud:

De student:

- Kan de gevolgen van fysische veranderingen (op de verschillende organisatieniveaus) in de volgende orgaansystemen verklaren: circulatie-, gaswisseling-, spijsvertering-, excretie-, voortplanting- en endocriensysteem.
- Kan de bouw, werking en functie van het excretiesysteem op verschillende organisatieniveaus beschrijven.
- Kan de relatie leggen tussen communicatie tussen cellen op korte en lange afstand m.b.v. actiepotentiaal, neurotransmitters in orgaanstelsels.
- Kan de spiercontractie beschrijven.
- Kan de bouw, werking en functie van zintuigen uitleggen.
- Kan op verschillende organisatieniveaus de relatie leggen tussen orgaansystemen.
- Kan casusgestuurde vragen beantwoorden met behulp van (deels) zelf verzamelde literatuur

Vaardigheid doelen (deze worden niet getoetst)

- Kan de cellen en weefsels van de vier basisweefsels herkennen in een microscopische afbeelding.
- Kan cellen en weefsels van de vier basisweefsels weergeven in een tekening die voldoet aan de tekenregels.
- Kan voorbereiding, werkwijze en resultaten van een practicum weergeven in een logboek.
- Kan a.h.v. experimenten conclusies trekken over stofwisselings- en respiratieprocessen.

Bijlage 7 Overzicht Scores eindproducten op voorkomen van criteria

scores eindproducten ($N = 17$) [*] op voorkomen van criteria			
Onderdeel	Ja	nee	Een beetje
Student laat in de verslaglegging zien de theorie te kunnen koppelen aan de praktijk	1	11	5
Inleiding in het verslag gaat verder dan de practicumhandleiding, er is sprake van verdieping en student laat zien de theorie behorende bij het practicum te beheersen?	3	9	5
Student legt in het verslag een heldere koppeling tussen theorie en praktijk ^{***}	2	13	1
Student maakt gebruik van meerdere bronnen	12	2	3
Methode is in eigen woorden beschreven	15	2	0
De resultaten zijn netjes en duidelijk verwerkt in tabellen en grafieken	9	5	3
De discussie en conclusie zijn helder geschreven	2	10	5
Student koppelt de theorie aan de gevonden resultaten	3	14	0
Student koppelt verwachting aan de conclusie op basis van de gevonden resultaten	7	8	2
Er is voldaan aan het leerdoel: schrijven van een natuurwetenschappelijk verslag?	0	10	7
De uitgevoerde berekeningen zijn correct? ^{***}	7	5	4
Eventuele veiligheidsmaatregelen worden door de student beschreven?	2	14	1
Student laat enige begripsontwikkeling in de verslaglegging zien	3	6	8
Student geeft een beargumenteerde conclusie/discussie	0	12	5
Het eindproduct laat de juiste verwerking van de practica, zoals beschreven verschillende practicumopdrachten staan beschreven, zien? ^{**}	3	0	5

^{*} De N is < 36 , omdat de eindproducten gedeeltelijk het resultaat waren van groepswork. ^{**}Voor het cohort eerstejaars studenten is de opzet van beoordelen veranderd t.o.v. het cohort tweedejaarsstudenten waardoor voor 9 dossiers niet te beoordelen was of het eindproduct de juiste verwerking van de practica liet zien.

^{***}Twee dossiers hebben op criterium 3 en 11 geen score.

Bijlage 8 Samenvatting transcriptie observatie materiaal (audio en video)

Observatie practicum plasmamembraan

Bij aanvang van het practicum geeft de docent een toelichting bij het practicum en geeft aan dat de lab etiquette beter kan. Zo kan de afwas beter in de afwaskarren worden weggezet.

Docent bespreekt met verschillende studenten de onderzoeksvraag die zij bij dit practicum moesten formuleren en controleert steekproefsgewijs de labjournals. Een student geeft antwoord met: “iets van of warmte invloedbaar is”. De docent geeft aan de mede docent aan dat op basis van de formulering van de onderzoeksvraag blijkt dat studenten het doel van de proef nog niet allemaal begrepen hebben.

Student stelt de vraag: “als je vijf keer verdund dan maak je toch een reeks?” “Moet ik toch vijf keer verdunnen?” De docent moet meerdere malen uitleggen dat vijf keer verdunnen niet hetzelfde is als het maken van een verdunningsreeks voordat de student begrijpt wat met vijf keer verdunnen bedoeld wordt. Een andere student stelt de vraag: “waar ligt het pipetpompje?”. Weer een andere student heeft te veel materiaal verzameld, wordt daarop aangesproken en antwoord: “wist niet hoeveel ik nodig had dus dacht ik pak een handje”.

Een student geeft bij de docent aan niet helemaal uit de voorbereiding te zijn gekomen. De docent geeft enkele tips. Een andere student weegt soda verkeerd af. De docent constateert dat enkele studenten roeren met een spatel en niet met een roerstaafje. Docent geeft het verschil aan en dat het voor nu niet erg is. Student geeft als antwoord: “Ik zag het anderen doen dus dacht dat doe ik dan ook gewoon zo.”

De docent geeft nogmaals uitleg aan studenten over het doel en de onderzoeksvraag. De begripsontwikkeling blijft achter, het nadenken over ideeën gebeurt wel maar komt niet uit op het niveau van wat de docent bedoeld heeft en de practicumhandleiding voorschrijft. Student antwoord: ”ja dat heb ik niet opgeschreven want dat staat al in de tekst, dus daarom zet ik het niet in mijn onderzoeksvraag, dat hoeft ik niet te onderzoeken.” Hints in de practicumhandleiding worden dus niet als zodanig opgepakt. Student stelt een vraag: ”Dus als ik gist verwarm gaan eiwitten in de membranen stuk, dan verandert de permeabiliteit en daarom verwarm ik toch?” Docent geeft aan dat het verwarmen bedoeld is om het celmembraan stuk te maken en vraagt naar mogelijke manieren waarop dit nog meer zou kunnen. Studenten denken mee en proberen een antwoord te formuleren.

Een student bespreekt met de docent dat hij twee hypothesen heeft, 1 voor een heet milieu (waarmee wordt bedoeld verwarmen van de buis) en 1 voor een basisch milieu. De docent geeft aan dat beide methoden zijn waarmee de proef wordt uitgevoerd (begripsontwikkeling, proces, hoe opstellen hypothese en uitvoeren practicum, vaardigheden). Dat is dus niet de hypothese. Docent geeft aan dat gebruik gemaakt wordt van zowel zuur als basisch milieu en dat dit een methode is om het neutraal rood in geladen of ongeladen toestand te brengen. Dus in de onderzoeksvraag en de hypothese zal het moeten gaan over in welke toestand de stof door het membraan heen kan. De student antwoord

met: “maar dit staat al in de tekst dan ga je iets onderzoeken wat er al staat.” Student begrijpt niet waarom het doel al gegeven is. Een andere student vraagt waar kapot glaswerk naar toe moet (proces, organisatie).

Een student vraagt: “bij de opdracht staat nulmeting, wat moet je als nulmeting doen?” Student snapt het verschil tussen testbuis en controle niet. De docent legt het uit.

Student vraagt: “Mevrouw hoe heet deze ook al weer?” De student vraagt naar de benaming van een maatcilinder. Een andere student pipetteert niet geheel netjes.

Student bespreekt: “Neutraalrood kan door het membraan dat heeft iets te maken met lading”.

Student vraagt: “dus de 4^e buis is het meest permeabel? Als je kookt gaat deze kapot, bij buis 3 is ie er dan doorheen gegaan.” Docent vraagt: “wat verwacht je?” Student: “wordt het pellet geel, die is nu rood, dat is raar.” Docent vraagt: “waarom is het pellet dan rood?” Student antwoord: “dat zal wel met het koken te maken hebben.” Na lang doorvragen komen studenten toch tot het juiste begrip (in dit geval, milieu in de cel is zuur).

Student: “Dus als ik weer ga koken gaat het weg? En als ik de omgeving nog basischer maak?” Docent stelt verhelderende vraag: “je bedoeld dat de zuurgraad invloed heeft op het membraan? Goede vraag, op den duur wel.”

Docent geeft een tip, tijdens centrifugeren kun je alvast wat spullen opruimen.

Student vraagt: “waar moet het afval in?” Docent laat student zelf nadenken.

Student vraagt aan docent: “Hoe kan ik bij deze buis zien of het erin is gegaan? Want de kleur is hetzelfde?” Docent zet student aan tot nadenken met de wedervraag wat verwacht je.

Uitleg door docent, nabespreking van de proef en enkele tips voor de verslaglegging.

Observatie practicum nier en osmose

Docent geeft een korte toelichting over de procesgang van het practicum. Het practicum bestaat uit drie practicumtaken. Er wordt gestart met een snijpracticum van de nier, vervolgens gaan de studenten een microscopisch preparaat van de nier bekijken en het practicum wordt afgesloten met een bloedpracticum waarbij gekeken wordt naar diffusie en osmose en de invloed van verschillende concentraties stoffen op rode bloedcellen.

Snijpracticum

Docent geeft aan dat studenten eerst het gereedschap moeten verzamelen waarna zij een nier kunnen pakken. In het lokaal hebben de studenten naast de studieboeken, handleidingen en extra bronmateriaal ook de beschikking over verschillende modellen van de nier waar zij e.e.a. uitvergroot kunnen waarnemen wat hen kan helpen te begrijpen wat ze zien.

Docent legt aan groepje studenten uit hoe zij een mesje op de juiste wijze op een scalpel zetten.

Student steekt sonde in urineleider van de nier alvorens deze is opengesneden. Docent geeft groepje studenten de hint er eventueel een model bij te pakken.

Docent kijkt of alles goed gaat en student vraagt ter bevestiging of zij de nier goed heeft opengesneden (bevestiging). “is het zo goed of moet het anders” Docent kijkt mee en merkt op dat de student het bekken nog niet heeft opengesneden.

Docent vraagt aan student of zij kan uitleggen wat ze ziet. Student geeft aan dat zij dit niet kan.

Docent vraagt aan een andere student waar de nefronen in uitkomen. Student geeft aan in het merg. Docent geeft aan dat student op de goede weg is en geeft een extra hint en vraagt in welke buisjes de nefronen uitkomen alvorens ze naar de ureter gaan? Student komt zelf op het antwoord verzamelbuisjes.

Docent geeft aan dat je in de nier macroscopisch wel kunt zien dat de buizen veelvuldig aanwezig zijn en parallel aan elkaar liggen maar niet afzonderlijk waar te nemen, daarvoor zijn ze te klein. Meerdere nierbuisjes komen uit in een verzamelbuis en die komen uit in het nierbekken en vandaar gaat het naar de ureter.

Groepje studenten vergelijken waarnemingen met wat zij daarover kunnen zien in de handleiding. Een student kijkt bevestigend naar de docent wanneer zij aangeeft wat ze denkt te zien.

Studenten ruimen snijmateriaal nier op en vragen aan de docent wat zij met de snijplank en het gereedschap moeten doen. Docent geeft aan dat zij het allemaal even moeten omspoelen en dan kunnen ze het op de aangewezen plek neerleggen.

Student stelt docent een vraag: “in het boek staat dat degene die het dichtstbij de nierpiramide (merg) is dat dit een calix minor heet, maar dat heeft te maken met de afstand naar het nierbekken toe.” Student wijst in het boek aan wat zij bedoelt en vraagt: “heten deze ook verschillend?” Docent geeft aan dat het voldoende is te weten dat het van klein naar groot gaat.

Studenten vragen zich af hoe groot de nier van een walvis is, docenten kunnen hier geen antwoord op geven.

Microscopie

Studenten stellen microscoop in (met handen aan lenzen ipv revolver). Docent vraagt wat student gaat doen. Student vertelt dat zij een microscopisch preparaat gaat bekijken en docent vraagt wat zij verwacht te zien. Student geeft aan dat zij verwacht een mini niertje te zien. Docent geeft student hint dat je aan de vorm van het preparaat al kan zien of het een heel niertje is of een deel ervan. Student concludeert dat op het preparaat een heel niertje te zien is.

Docent vraagt wat student ziet in het preparaat, student geeft aan buisjes te zien en rondjes. Docent vraagt wat de rondjes zijn. Student geeft aan dat zij denkt dat dit de vaten zijn waar het bloed doorheen komt. Docent vraagt hoe nierbuisje begint. Student begrijpt het niet helemaal. Docent geeft de hint dat zo’n buisje uit verschillende onderdelen bestaat. Student antwoordt, dat kan uitgerekt worden, hoe heet dat ook al weer dat is van vorig jaar het epitheel. Ja het epitheel, maar dat bedoel ik niet zegt de docent. Het nierbuisje bestaat uit meerdere onderdelen welke onderdelen bedoel ik. Student antwoordt heeft iets te maken met een kapsel. Docent antwoordt bevestigend, ja kapsel van bowmann. Andere

student springt bij. “die stuwt toch dat vocht eruit die met, doordat het in een steeds dunner buisje komt stuwt deze onder hoge druk het vocht er uit. Docent zegt even terug hoe ziet dat kapsel van bowmann eruit? Student zegt ik denk een filter en andere student zegt bolletjes dat zie je tocht. Docent vraagt waar bestaat dat uit het kapsel van bowmann? Kluwen capillairen en kapsel bowmann is eerste deel nierbuisjes (bolletjes nierbuisjes zitten aan schorskant). Daar beginnen de nierbuisjes (in kapsel zitten glomeruli (capillairen). Student geeft aan ik leer nog iets. Docent geeft aan dat is de bedoeling.

Osmose

Docent vraagt aan studenten wat zij gedaan hebben en aan het doen zijn.

Studenten antwoorden met: “we hebben bloed in een buis gepipetteerd en vervolgens gecentrifugeerd, we zijn nu aan het lezen wat we verder moeten doen. We moeten fysiologisch zout toevoegen aan de buizen.” De docent vraagt of er dan niet eerst iets uit de buizen moet worden gehaald. Student antwoord met: “ja het plasma zal er wel af moeten.” Docent 2 vraagt hoe je dat eraf haalt. Student antwoord: “met zo’n pipet, hoe heet dat vraagt de docent een pasteurse pipet.” Student pipetteert vloeistof af met een pasteurse pipet en gebruikt in plaats van een fiepje een pipeteerballon. Dit duidt op het niet goed paraat hebben van de laboratoriumvaardigheden. Docent vraagt ook of dit een handig instrument is om af te pipeteren. Student pipetteert bloed met semiautomatische pipeteerballon. Dit doet de student netjes en volgens de aangeleerde pipeteervaardigheden. Student heeft wel moeite met het opzuigen van het bloed door bloedstolsels in het bekersglas. Docent 2 geeft de tip de pipet onderin het bekersglas te houden omdat de bloedstolsels bovenin zitten. De student vraagt waarom dat zo is. De docent geeft aan omdat deze lichter zijn. Student vraagt of dat komt omdat er lucht in zit. De docent krijgt deze vraag niet mee.

Student bediscussieert met docent 3 wat de verschillende oplossingen voor een concentratie hebben ten opzichte van het bloed. Student vraagt: “0,9% zout oplossing is toch dezelfde concentratie opgeloste stoffen als in bloed?” Docent beantwoord bevestigend en vraagt door naar de andere oplossingen. Student redeneert dat 0,6% hypotoon is en dat water de cel uitgaat en de bloedcellen zullen krimpen. Bij 1,2 % gaat water cel in en wordt de cel opgeblazen. Student redeneert over ureum dat hij niet wist dat het de celmembraan kon passeren en gezien de concentratie hetzelfde effect optreedt als bij de 1,2 %. De docent antwoordt met we gaan het waarnemen (wil niet verklappen wat er zal gebeuren).

Studenten pipeteren de verschillende vloeistoffen bij het bloed in de buisjes en hebben discussie over hoe het beste de buis te mengen. Met het pasteurse pipetje of een roerstaafje omdat de vloeistof best dik en stroperig is. Een student vergelijkt twee buizen met elkaar, een buis met ureum en bloed en een buis met fysiologisch zout en bloed en beschrijft aan zijn medestudenten wat hij waarneemt. Bij het ureum is de kleur van het mengsel donkerder dan bij het zout. Dit komt volgens de student omdat bij ureum de rode bloedcellen kapotgaan en naar beneden zakken. Aldus de student gaat vocht de

cellen uit omdat de omgeving meer deeltjes bevat. Bij het zout gebeurt niets omdat volgens de student de oplossing isotoon is t.o.v. de rode bloedcellen.

Docent vraagt aan de student of deze kan beschrijven wat er in beide buizen zal gebeuren en wat de eigenschap van ureum is t.o.v. het celmembraan. Na wat door vragen komt de student erop dat dit door het membraan kan en daardoor de concentratie opgeloste stoffen in de cel hoger wordt dan de omgeving waardoor water de cel in gaat en de cel opzwellt tot deze uiteindelijk knapt.

Docent vraagt aan een ander groepje of studenten al bepaalde verwachtingen hebben bij het uitvoeren van de proef en alvorens de resultaten bekend zijn. Student geeft zijn verwachtingen. Bij 0,6% is de concentratie buiten de cel lager en zal water de cel uitgaan. De bloedcel krimpt dus het volume zakt. Bij 0,9% is er sprake van een iso-osmotische waarde er is wel verplaatsing maar netto gezien niet. Volume blijft gelijk. Er is wat discussie tussen studenten over wat er gebeurt als de concentratie buiten de rode bloedcellen hoger is, wat bij 1,2% NaCl het geval is. Een student snapt het niet en heeft geen idee waar het over gaat. Al gaande de discussie komen studenten erachter dat het antwoord gegeven bij de concentratie van 0,6% niet juist is en daar water de cel in gaat omdat daar de concentratie hoger is. De cellen zwellen op bij 1,2% zal water aan de cel onttrokken worden. Dan komt de vraag wat er met het ureum gebeurt waarbij in de handleiding gegeven is dat het percentage ureum wat wordt gebruikt iso-osmotisch is met 0,9% NaCl. Studenten concluderen dat de concentratie dan ook iso-osmotisch is met de rode bloedcel. Een student vraagt zich af wat de invloed van ureum is op de rode bloedcel. (Interactieve scaffolding) Docent refereert aan testje en de vraag welke stoffen het celmembraan kunnen passeren. Studenten komen er niet helemaal uit en de docent helpt een handje door een stapje terug te gaan in de redenering en vraagt hoeveel ureum er in de beginsituatie in de omgeving zit en hoeveel in de cel. Studenten geven aan dat de concentratie buiten de cel hoger is. Ureum kan door het membraan en de docent vraagt wat er kan gebeuren. Student concludeert dat het de cel in zal gaan om ervoor te zorgen dat de concentratie weer overal gelijk is. Dus niveau ureum omgeving zakt in de cel stijgt deze. Docent vraagt wat er dan gebeurt met de osmotische waarde in de rode bloedcel. Studenten geven aan dat deze stijgt. Docent antwoord bevestigend en vraagt over een verschil in osmotische waarde is ontstaan of dat deze gelijk is. Een student antwoordt met dat is de vraag. Uiteindelijk komen de studenten met hulp van de docent tot de conclusie dat er bij ureum hetzelfde gebeurt als bij de 0,6% NaCl.